

**T.C.  
DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**CAM ELYAF TAKVİYELİ KOMPOZİT MALZEMENİN (EPGC 201)  
DELİNMESİNDE TAKIM AŞINMASININ TİTREŞİM ÖLÇÜMLERİ  
KULLANILARAK BELİRLENMESİ**

**Emre ARI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DİYARBAKIR**

**ARALIK-2015**

T.C. DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ  
DİYARBAKIR

Emre ARI tarafından yapılan “Cam Elyaf Takviyeli Kompozit Malzemenin (EPGC 201) Delinmesinde Takım Aşınmasının Titreşim Ölçümleri Kullanılarak Belirlenmesi” konulu bu çalışma, jürimiz tarafından Makine Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Doç. Dr. Erol KILIÇKAP

Üye : Doç. Dr. Yahya Hışman ÇELİK

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ahmet YARDİMEDEN

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 25/12/2015

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../.../.....

Doç. Dr. Mehmet YILDIRIM

Enstitü Müdürü

## TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam sűresince bana sunduėu her tűrlű destek ile baőarıya ulaőmamı saėlayan saygıdeėer hocam Sayın Doç. Dr. Erol KILIÇKAP'a, çalıőmada yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Ahmet YARDIMEDEN, Arő. Gör. Dr. Mesut HŪSEYİNOėLU ve Arő. Gör. Mehmet NERGİZ'e teőekkűrlerimi sunarım.

Hayatım boyunca her koőulda bana maddi ve manevi hiçbir desteėi esirgemeyen, baőta **babam** ve **annem** olmak űzere **tűm aileme** sevgi, saygı ve űűkranlarımı sunarım.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	I
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	II
<b>ÖZET</b> .....	III
<b>ABSTRACT</b> .....	IV
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	V
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	VI
<b>KISALTMA VE SİMGELER</b> .....	XI
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	5
<b>3. MATERYAL ve METOT</b> .....	17
3.1. İş parçası.....	17
3.2. Delik Delme Tezgahı.....	19
3.3 Kesici Takım.....	20
3.4 Titreşim Ölçüm Elemanları .....	21
3.5 Optik Mikroskop .....	24
3.6 Delme İşleminin Gerçekleştirilmesi.....	25
3.7 Titreşim Ölçümlerinin Yapılması.....	26
3.7.1 Sistemin Doğal Frekansının Belirlenmesi.....	27
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI</b> .....	29
4.1. Titreşimin Ölçülmesi.....	29
4.2. Takım Aşınmasının Belirlenmesi.....	67
<b>5. TARTIŞMA VE SONUÇ</b> .....	85
5.1. Öneriler.....	86
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	87

## ÖZET

### CAM ELYAF TAKVİYELİ KOMPOZİT MALZEMENİN (EPGC 201) DELİNMESİNDE TAKIM AŞINMASININ TİTREŞİM ÖLÇÜMLERİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emre ARI

DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2015

Üretim verimliliğinin ve kalitesinin artırılması için takım aşınmasının zamanında belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada, cam elyaf takviyeli kompozit malzemenin delinmesinde oluşan takım aşınmasının titreşim sinyalleri kullanılarak belirlenmesi araştırılmıştır. Deneyler  $118^{\circ}$  uç açısına sahip 10 mm çapında yüksek hız çeliği (YHÇ) matkap takımlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Delme işlemleri 950 dev/dak dönme devrinde ve 0.1 mm/dev ilerleme hızında soğutma sıvısı kullanılmadan yapılmıştır. Cam elyaf takviyeli kompozit malzeme (EPGC 201) Ø100 olacak şekilde dairesel olarak hazırlanmıştır ve delme işlemi de dairesel bir yörünge oluşturacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Delme eksenine dik titreşimler yan kenar aşınmasında daha etkili olduğundan titreşim ölçümleri delme eksenine dik olacak şekilde ölçülmüştür. İvmeölçerler aracılığıyla yapılan titreşim ölçümleri sonucunda frekans ve zaman alanlarındaki titreşim verileri elde edilmiş ve bu titreşim verilerinin ortalamaları alınıp birbirleriyle ve takım aşınması ile karşılaştırılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda takım aşınmasının artmasıyla ölçülen titreşimlerin genliğinde bir artış olduğu gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Delme, Takım Aşınması, Titreşim Sinyalleri, Kompozit, Sinyal Analizi

## ABSTRACT

### DETERMINATION OF TOOL WEAR WITH VIBRATION MEASUREMENTS IN THE DRILLING PROCESS OF GLASSFIBER-REINFORCED COMPOSITE MATERIAL (EPGC 201)

#### MASTER THESIS

Emre ARI

UNIVERSITY OF DICLE  
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

2015

It's very important that detection of tool wear at the right time in order to increase manufacturing quality and efficiency. This work aims to determination of tool wear with vibration measurements of glassfiber-reinforced composite material in drilling process. In this research drill tool flank wear has been considered as tool wear. Experimental setup established with the equipment of 118° tool included angle, Ø10 HSS (High Speed Steel) and drilling process operated at 950 rev/min and 0.1 mm/rev feed rate without any cooling liquid. Glassfiber-reinforced composite material (EPGC 201) is prepared as Ø100 mm circular workpiece and cutting process operated in circular orbit. Accelerometers placed vertical to the cutting axis and vibration measurements performed perpendicular because vibrations that vertical to the cutting axis are more powerful on flank wear. Mean value of each vibration signal that come from accelerometer are collected and compared in time domain and frequency domain. Finally amount of tool wear and vibration signals are compared. After the experimental tests and comparing the data, results showed that amplitude of vibration signals have been increased as long as tool wear increases.

**Keywords:** Drilling, Tool Wear, Vibration Signals, Composite, Signal Analysis

## ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge No</u>		<u>Sayfa</u>
<b>Çizelge 3.1.</b>	İş Parçasının Fiziksel ve Termal Özellikleri.....	17
<b>Çizelge 3.2.</b>	İş Parçasının İlgili Standartları.....	17
<b>Çizelge 3.3.</b>	İş Parçasının Mekanik Özellikleri.....	17
<b>Çizelge 3.4.</b>	NI-cDAQ Veri Toplama Kartı Özellikleri.....	21
<b>Çizelge 3.5.</b>	NI 9234 İvmeölçer I/O Modülü Özellikleri.....	22
<b>Çizelge 3.6.</b>	Kistler Type 8202A10 İvme Ölçer Özellikleri.....	23
<b>Çizelge 3.7.</b>	Nikon Epiphot 200 Optik Mikroskop Özellikleri.....	24
<b>Çizelge 4.1.</b>	Ölçüm Sayısına Göre Minimum ve Maksimum Titreşim Genlik Miktarları	64
<b>Çizelge 4.2.</b>	Ölçüm Sayısına Göre Ortalama Genlik Miktarları.....	65
<b>Çizelge 4.3.</b>	Ölçüm Sayısına Göre Takım Aşınması Miktarları .....	80
<b>Çizelge 4.4.</b>	Ölçüm Sayısı – Ortalama Genlik – Takım Aşınması Tablosu.....	82

## ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil No</u>		<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1.	Deneyleerde Kullanılan İş Parçası.....	18
Şekil 3.2.	Delinmiş İş Parçası.....	18
Şekil 3.3.	ZX6330ZA Torna Tezgahtı.....	19
Şekil 3.4.	10 mm Matkap Ucu.....	20
Şekil 3.5.	NI – cDAQ Veri Toplama Kartı .....	21
Şekil 3.6.	NI 9234 İvmeölçer I/O Modülü.....	22
Şekil 3.7.	Kistler Type 8202A10 İvme Ölçer .....	23
Şekil 3.8.	Nikon Epiphot 200 Optik Mikroskop.....	24
Şekil 3.9.	Delme İşleminin Gerçekleştirilmesi.....	25
Şekil 3.10.	Deney Düzeneği ve Titreşim Ölçümü .....	26
Şekil 3.11.	Sistemin Doğal Frekansının Belirlenmesi.....	27
Şekil 3.12.	Sistemin Doğal Frekansının Ölçümü .....	27
Şekil 4.1.	1. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	30
Şekil 4.2.	1. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	30
Şekil 4.3.	10. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	31
Şekil 4.4.	10. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	31
Şekil 4.5.	20. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	32
Şekil 4.6.	20. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	32
Şekil 4.7.	30. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	33
Şekil 4.8.	30. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	33
Şekil 4.9.	40. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	34
Şekil 4.10.	40. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	34
Şekil 4.11.	50. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	35
Şekil 4.12.	50. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	35



<b>Şekil 4.13.</b>	60. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	36
<b>Şekil 4.14.</b>	60. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	36
<b>Şekil 4.15.</b>	70. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	37
<b>Şekil 4.16.</b>	70. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	37
<b>Şekil 4.17.</b>	80. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	38
<b>Şekil 4.18.</b>	80. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	38
<b>Şekil 4.19.</b>	90. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	39
<b>Şekil 4.20.</b>	90. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	39
<b>Şekil 4.21.</b>	100. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	40
<b>Şekil 4.22.</b>	100. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	40
<b>Şekil 4.23.</b>	110. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	41
<b>Şekil 4.24.</b>	110. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	41
<b>Şekil 4.25.</b>	120. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	42
<b>Şekil 4.26.</b>	120. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	42
<b>Şekil 4.27.</b>	130. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	43
<b>Şekil 4.28.</b>	130. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	43
<b>Şekil 4.29.</b>	140. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	44
<b>Şekil 4.30.</b>	140. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	44
<b>Şekil 4.31.</b>	150. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	45
<b>Şekil 4.32.</b>	150. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	45
<b>Şekil 4.33.</b>	160. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	46
<b>Şekil 4.34.</b>	160. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	46
<b>Şekil 4.35.</b>	170. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	47
<b>Şekil 4.36.</b>	170. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	47
<b>Şekil 4.37.</b>	180. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	48
<b>Şekil 4.38.</b>	180. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	48
<b>Şekil 4.39.</b>	190. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	49

<b>Şekil 4.40.</b>	190. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	49
<b>Şekil 4.41.</b>	200. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	50
<b>Şekil 4.42.</b>	200. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	50
<b>Şekil 4.43.</b>	210. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	51
<b>Şekil 4.44.</b>	210. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	51
<b>Şekil 4.45.</b>	220. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	52
<b>Şekil 4.46.</b>	220. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	52
<b>Şekil 4.47.</b>	230. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	53
<b>Şekil 4.48.</b>	230. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	53
<b>Şekil 4.49.</b>	240. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	54
<b>Şekil 4.50.</b>	240. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	54
<b>Şekil 4.51.</b>	250. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	55
<b>Şekil 4.52.</b>	250. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	55
<b>Şekil 4.53.</b>	260. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	56
<b>Şekil 4.54.</b>	260. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	56
<b>Şekil 4.55.</b>	270. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	57
<b>Şekil 4.56.</b>	270. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	57
<b>Şekil 4.57.</b>	280. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	58
<b>Şekil 4.58.</b>	280. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	58
<b>Şekil 4.59.</b>	290. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	59
<b>Şekil 4.60.</b>	290. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	59
<b>Şekil 4.61.</b>	300. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	60
<b>Şekil 4.62.</b>	300. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	60
<b>Şekil 4.63.</b>	310. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	61
<b>Şekil 4.64.</b>	310. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	61
<b>Şekil 4.65.</b>	320. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	62
<b>Şekil 4.66.</b>	320. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	62

<b>Şekil 4.67.</b>	330. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı.....	63
<b>Şekil 4.68.</b>	330. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı.....	63
<b>Şekil 4.69.</b>	Ölçüm Sayısına Göre Ortalama Genlik Grafiği.....	66
<b>Şekil 4.70.</b>	10. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	68
<b>Şekil 4.71.</b>	20. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	68
<b>Şekil 4.72.</b>	30. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	68
<b>Şekil 4.73.</b>	40. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	69
<b>Şekil 4.74.</b>	50. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	69
<b>Şekil 4.75.</b>	60. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	69
<b>Şekil 4.76.</b>	70. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	70
<b>Şekil 4.77.</b>	80. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	70
<b>Şekil 4.78.</b>	90. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	70
<b>Şekil 4.79.</b>	100. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	71
<b>Şekil 4.80.</b>	110. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	71
<b>Şekil 4.81.</b>	120. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	71
<b>Şekil 4.82.</b>	130. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	72
<b>Şekil 4.83.</b>	140. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	72
<b>Şekil 4.84.</b>	150. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	72
<b>Şekil 4.85.</b>	160. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	73
<b>Şekil 4.86.</b>	170. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	73
<b>Şekil 4.87.</b>	180. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	73
<b>Şekil 4.88.</b>	190. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	74
<b>Şekil 4.89.</b>	200. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	74
<b>Şekil 4.90.</b>	210. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	74
<b>Şekil 4.91.</b>	220. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	75
<b>Şekil 4.92.</b>	230. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	75
<b>Şekil 4.93.</b>	240. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	75

<b>Şekil 4.94.</b>	250. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	76
<b>Şekil 4.95.</b>	260. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	76
<b>Şekil 4.96.</b>	270. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	76
<b>Şekil 4.97.</b>	280. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	77
<b>Şekil 4.98.</b>	290. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	77
<b>Şekil 4.99.</b>	300. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	77
<b>Şekil 4.100.</b>	310. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	78
<b>Şekil 4.101.</b>	330. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması.....	78
<b>Şekil 4.102.</b>	Takım Aşınması Miktarının Belirlenmesi.....	78
<b>Şekil 4.103.</b>	Ölçüm Sayısına Göre Takım Aşınması Grafiği.....	81

## KISALTMA VE SİMGELER

<b>ANN</b>	: Artificial Neural Network
<b>AE</b>	: Akustik Emisyon
<b>CNC</b>	: Computer Numerical Control
<b>FFBP</b>	: Feedforward Back Propagation
<b>HSS</b>	: High Speed Steel
<b>ISO</b>	: International Organization for Standardization
<b>NC</b>	: Numerical Control
<b>SSA</b>	: Singular Spectrum Analysis
<b>TBMS</b>	: Tool Breaking Monitoring System
<b>TCM</b>	: Tool Condition Monitoring
<b>TCMS</b>	: Tool Condition Monitoring System
<b>WNN</b>	: Wavelet Neural Network
<b>YHÇ</b>	: Yüksek Hız Çeliği

## 1. GİRİŞ

Bir ürünün elde edilebilmesi için ürünü meydana getiren ham malzemeye değişik imalat yöntemleri uygulanabilmektedir. İmalat yöntemleri çeşitli başlıklar altında toplanmaktadır ve bu başlıklardan biri de talaşlı imalat yöntemidir. Talaşlı imalat, kesici takım ile hammadde üzerinden talaş kaldırarak yapılan bir imalat tekniğidir. Talaş kaldırma işlemleri genellikle yapılacak işlemin gereksinimlerini karşılayacak şekilde özelleştirilmiş takım tezgâhları aracılığıyla yapılmaktadır. Tornalama, frezeleme, delik delme, raybalama gibi teknikler talaşlı imalat yöntemlerinden bazılarıdır. Talaşlı imalat, kesici bir takım ile işlenecek parça arasında gerçekleşen bağıl hareketler ile gerçekleştirilmektedir. Kesici takım ile parçanın bağıl hareketleri sonucunda parça üzerinde kontrollü plastik deformasyonlar meydana getirilerek parçanın istenilen şekli alması sağlanmaktadır.

Talaşlı imalat yöntemleri uzun yıllardır kullanılmaktadır ve üretim teknikleri arasında önemli bir yere sahiptir. Üretim safhasında üretim teknikleriyle birlikte üretim maliyetleri de büyük önem taşımaktadır. Kesici takım ve iş parçası maliyetleri, üretim maliyetlerini belirleyen en önemli parametrelerdendir. Daha düşük maliyetle üretim yapılabilmesi için kesici takım ve iş parçası maliyetlerinin mümkün olduğunca azaltılması gerekmektedir. Bu maliyetlerin azaltılabilmesi için takım ömrünün mümkün olduğunca uzatılması, takımın daha verimli ve amaca uygun çalıştırılması, kesici takım ve iş parçasının kaliteli hammadde ile üretilerek malzeme iç ve dış yapısında oluşabilecek kusurların engellenmesi ve olası kusurlu kesici takım ve iş parçalarının önüne geçilmesi gerekmektedir. Bu gerekliliklerin yerine getirilebilmesi için de kesici takım ömrünü etkileyen ve iş parçasının üretimine etki eden faktörlerin araştırılması ve bu faktörlerin üretim için optimize edilmesi gerekmektedir.

Talaşlı imalat yöntemleri arasında sıklıkla kullanılan yöntemlerden biri de delme işlemidir. Delme işlemi, kendi eksenini etrafında dönen bir kesici takımın, iş parçası üzerinde silindirik boşluklar meydana getirmesi işlemidir. Delme işleminin amacının yerine getirilebilmesini sağlayan tezgâhlara da delik delme tezgâhları denmektedir. Delik delme tezgâhları; el matkapları, masa matkapları, sütunlu veya radyal delik delme tezgâhları gibi işlemin türüne ve kullanılış şekline göre çeşitli isimler almaktadırlar.

## 1. GİRİŞ

---

Delme işleminde kullanılan tezgâhlar delme işlemi gerçekleştirebileceği gibi raybalama ve kılavuz çekme gibi işlemleri de gerçekleştirebilirler. Delme işlemi sırasında kullanılan kesici takım ucu, iki veya daha çok kesici kenara, düz veya helisel kanala sahiptir. Bu kesici takım uçlarına genel olarak matkap adı verilmektedir. Çok sayıda farklı delme işlemleri bulunduğu için bu delme işlemlerine uygun matkaplar geliştirilmiştir.

İmalat sanayiinde işleme maliyetlerinin düşürülmesine ve daha kaliteli ürünler elde edilmesine çalışılmaktadır. Talaşlı imalatta, takım aşınması ve takım kırılmasının ürün üzerinde çok ciddi etkileri bulunmaktadır. Bu yüzden, kesme işlemlerinde online izleme ile otomasyon ve kestirim yöntemleriyle ürün kalitesinin geliştirilmesi ve ürün maliyetlerinin düşürülmesi yönünde yeni bir yaklaşım ortaya konmaktadır. Özellikle takım aşınmasının kestirimi, otomatik hale getirilmiş bir üretim sisteminin hayata geçirilebilmesi için önemli bir rol oynamaktadır (Yang ve ark 2009). Matkaptaki aşınma, delik kalitesini ve matkabın takım ömrünü azalttığı için matkap aşınmasının izlenmesi ve kestirimi önemli bir araştırma konusudur. Takım durum izlemesinde karar verme performansının artırılması için geniş bir alanda farklı akıllı izleme sistemleri kullanılarak birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Yang ve ark 2009).

Talaşlı imalat yöntemlerinde, üretim esnasında kesici takım ile iş parçası temas halinde olduklarından aralarında bir sürtünme meydana gelmektedir ve bu sürtünmeler takımın aşınmalarına ve titreşimlere sebep olmaktadır. Titreşim, bir maddenin denge noktası etrafındaki salınımıdır. Bu salınımlar periyodik olabileceği gibi rastgele de olabilmektedir. Sürtünme sırasında tezgâh üzerinde frekansı yüksek titreşimler meydana gelmektedir. Meydana gelen bu titreşimler imalatı doğrudan etkilemektedir.

Tezgâh üzerinde oluşan titreşimlerin ölçülmesi mümkündür ve bu titreşimler takım aşınması hakkında kestirimler yapma imkânı sunmaktadır. Titreşim ölçüm yöntemleri çok çeşitli olmakla birlikte en çok kullanılan yöntemlerden biri ivmeölçer aracılığıyla ölçüm yapmaktır. Bir ivmeölçerin kesici takım üzerine, iş parçası üzerine veya tezgâh üzerine yerleştirilmesi ile çeşitli titreşim değerlerinin ölçülmesi mümkündür.

Titreşim sinyallerinin, takım aşınmasının tespit edilmesinde kullanışlı bir yöntem olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada, cam elyaf takviyeli kompozit malzemenin delinmesinde oluşan takım aşınması ve titreşim sinyalleri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Titreşim sinyallerinin toplanması için bir ivmeölçer kullanılmıştır. İvmeölçer iş parçası üzerinde, delme eksenine dik olacak şekilde yerleştirilmiştir. İvmeölçerden gelen sinyaller bir I/O modülü aracılığıyla data acquisition kartına aktarılmış ve son olarak da karttan bilgisayara aktarılarak frekans – genlik grafikleri elde edilmiştir. Takım aşınmalarının ölçülmesi için de bir optik mikroskop kullanılmıştır. Delme işleminden sonra kesici takımında oluşan aşınma miktarı mikroskop vasıtasıyla tespit edilmiştir. Bu işlem her bir deney için tekrarlanmıştır ve toplamda 330 deney gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucunda elde edilen titreşim sinyalleri ile takım aşınması arasında karşılaştırmalar ve değerlendirmeler yapılmıştır.





## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Yeni bir ürünün meydana getirilmesi amacıyla geçmişten günümüze birçok üretim tekniği uygulanmış ve geliştirilmiştir. İmalat yöntemleri olarak talaşsız ve talaşlı imalat yöntemleri olmak üzere iki grup bulunmaktadır. Talaşsız imalat yöntemlerinde hammadde üzerinden talaş kaldırmadan üretim gerçekleştirilmektedir. Talaşlı imalat yöntemlerinde ise hammadde üzerinden malzeme kaldırılarak üretim yapılmaktadır. Talaşlı imalat kesici takımın iş parçasına göre bağlı hareketleri sonucunda iş parçasında plastik deformasyon meydana getirerek gerçekleştirilen bir talaş kaldırma işlemidir (Özdemir ve Erten 2003). Talaşlı imalat yöntemleri uzun yıllardır sıklıkla kullanılmaktadır ve bu yöntemler üzerine yapılan çalışma ve araştırmalar imalat yapan firmalar açısından büyük bir öneme sahiptir. Firmalar açısından kesici takım ve iş parçası maliyetleri üretimde en önemli faktörlerden biridir (Kaynak 2006). İş parçası maliyetleri kesici takım maliyetleriyle kıyaslandığında kesici takım maliyetlerinin daha yüksek olduğu söylenebilir (Gasca ve ark 2006). Üretim esnasında ortaya çıkan bu maliyetler, üretim parametrelerinin optimize edilmesi gerekliliğini doğurmuştur. Üretimde kullanılan kesici takımın performansının artırılması ve ömrünün uzatılması aynı zamanda iş parçasının da yüksek kalitede işlenmesi gerekmektedir. Bu parametrelerin optimum seviyelere getirilebilmesi için kesici takım ömrüne etki eden faktörler araştırılmış ve tespit edilen olumsuz etkenler giderilmeye çalışılmıştır. Talaşlı imalat yöntemlerinden biri olan delme işlemi imalat sanayiinde yaygın olarak kullanıldığından, delme tezgâhlarının sayısı yıllar ilerledikçe artmaktadır (Akkurt 1992).

İmalat sektöründe son yıllarda gelişen teknoloji ve bilgisayar destekli cihazların kullanımıyla tam otomatik üretim süreçlerine geçilmesine rağmen metal kesme ve delme işlemlerinde kesici takımın aşınması ve kırılması konuları hala tam çözüme kavuşturulamamış iki problem olarak durmaktadır (Ertunç ve Sevim 2001). Bu problemlerin çözüme kavuşturulamaması, kesici takım aşınmasının dinamiğinin karmaşık olmasından dolayı tam olarak anlaşılabilmesindedir ve bu problemler imalat sanayiinde çözüm bekleyen temel problemler olarak belirtilmektedir. Kesici takım aşınmasının sürekli olarak artması sonucu takım kırılmakta ve bu durum hem iş parçasına hem de üzerinde çalışılan makineye ciddi zararlar vermektedir. Kesici takım kırıldığı zaman ortaya çıkardığı maddi zarar takımın kendi fiyatı ile kıyaslanamayacak derecede

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

---

büyüktür (Ertunç ve Sevim 2001). Otomatize edilmiş üretim tesislerinde kırılan ya da zarar gören takımın değiştirilmesi için ihtiyaç duyulan zaman da ciddi bir kayıp olduğundan dikkat edilmesi gereken önemli konulardan biridir. Sanayileşmiş ülkelerde takımın aşınması veya bozulması ile meydana gelen ekonomik kaybın o ülkenin gayri safi milli hasılasının %7'sine denk geldiği belirtilmiştir (Halamoğlu 1998). Tüm bu belirtilen sebeplerden dolayı kesici takım aşınmasının izlenebilmesi ve engellenebilmesi hem endüstriyel uygulamalar için hem de akademik çalışmalar için önemli bir araştırma konusu olarak belirlenmiştir.

Takımlarda meydana gelen aşınmaların ölçülebilmesi için akustik emisyon ölçümü, kesme kuvvetlerinin ölçümü, titreşim ölçümü vb. gibi birbirinden farklı yöntemler kullanılmaktadır. Titreşim ölçümlerinde, ölçüm yapabilmek için ivmeölçerler kullanılmaktadır ve bu ivmeölçerler belli başlı özelliklerinden dolayı kesici takım aşınmasının görüntülenmesinde kullanım için oldukça elverişlidir. Bu özelliklerden bazıları; ivmeölçerin kütlesi ölçüm alınan yerin kütlesine oranla çok küçük ise delme sisteminin katılık ve dinamik özelliklerini etkilemez. Kesici takımdan veya iş parçasından bağımsız olarak kesme işleminin yakınına kolayca monte edilebilirler. İvmeölçerler kolayca değiştirilebilirler ve ucuzdurlar. Soğutma sıvısı, talaş, elektromanyetik veya ısıl etkilere karşı dayanıklıdırlar.

Delme takımları iki veya daha fazla kesici kenara ve helisel ya da düz kanala sahip dönme hareketi yapan takımlardır. Delme işlemlerinde kullanılan takımlara matkap adı verilmektedir. Talaşlı üretim yöntemleri içinde en sık kullanılan takımlardan biri delme takımlarıdır. Amerika'da bir yılda ortalama 250 milyon matkap takımı kullanıldığı tahmin ediliyor (Pletting 1999). Havacılık sanayinde yapılan delme işlemlerinin tüm metal işleme işlerinin %40'ı olduğu tespit edilmiştir (Subramanian ve Cook 1977). Metaller işlenirken çok çeşitli matkap takımları kullanılmaktadır. Bu matkap grupları çok çeşitli imalat yöntemlerinin ortaya çıkmasıyla artmıştır ve bu matkaplar yapılacak işin cinsine göre seçilmektedirler. Talaşlı imalat yöntemlerinde talaş kaldırılırken kesici takım üzerinde çok yüksek gerilme ve sıcaklıklar meydana gelmektedir, bu etkenlerin sonucunda kesici takım üzerinde elastik ve plastik şekil değişimleri (deformasyonlar) meydana gelmekte ve bu şekil değişimleri de takımın aşınmalarına sebebiyet vermektedir. Kesici takım üzerinde oluşan bu deformasyonlar talaş kaldırma işlemini olumsuz yönde etkilemektedir (Özdemir ve Erten 2003). Takım üzerinde meydana gelen deformasyonlar

iş parçasının yüzey kalitesini azaltmakta, tezgâh üzerinde oluşan titreşimleri arttırmakta ve talaş kaldırma işlemi sırasında harcanan enerji miktarını arttırmaktadır. Takım üzerinde oluşan aşınmalar aynı zamanda takım ömrünü olumsuz etkilemekte ve takım ömrünü azaltmaktadır (Özdemir ve Erten 2003). Kesici takım ömrünün azalması, kesici takım maliyetlerini ve buna bağlı olarak üretim maliyetlerini de etkileyen önemli bir faktördür. Kesici takımın maliyetler üzerindeki etkisi nedeniyle takım ömrünü etkileyen faktörlerin belirlenerek kontrol altına alınması gerekmekte ve optimum takım değiştirme zamanının tespit edilmesi oldukça önem kazanmaktadır. Talaşlı imalat yöntemlerinde kesici takım aşınması oldukça önemli bir konudur (Panda ve ark 2006).

Soderberg ve Hogmark (1986) yüksek hız çeliklerinde meydana gelen aşınma mekanizmalarını incelemişlerdir. Bu çalışmalar sonucunda 5 farklı aşınma mekanizması olduğunu belirtmişler ve bu mekanizmaların oluşumlarını açıklamışlardır. Bu mekanizmaları abrazyon, aşırı abrazyon, adhesiv aşınma, kenar çentiklenmesi ve sürekli aşınma olarak belirtmişlerdir. Arsecularatne ve ark. (1996) takım ömrünün hesaplanabilmesi için sıcaklık değişkenini kullanmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre takım ömrünün kesme hızı, ilerleme hızı, talaş açısı ve iş parçası karbon oranından etkilendiğini açıklamışlardır. Dimla ve Dimla (2000)'ya göre kesici takım aşınması çeşitli başlıklar altında sıralanabilir. Bunlar kesme düzleminde meydana gelen deformasyona bağlı adhesiv aşınmalar, kesme esnasındaki sert parçacıklardan dolayı meydana gelen abrasif aşınma, yüksek sıcaklıklarda meydana gelen difüzyon aşınması ve yorulmadan dolayı meydana gelen çatlaklar gibi aşınmalar.

Kesme işlemlerinde sistemin optimum performansta çalışabilmesi için görüntüleme ihtiyaçları, makine ve kesme prosesini, kesici takımı ve iş parçasını görüntülemeyi kapsar (Byrne ve ark. 1995). Takım durumu görüntüleme sistemi (TCMS), kesici takım ve takım tezgâhı için gelişmiş bir hata tespit sistemi, işleme prosesinin sağlamlığını kontrol edip koruyan özellikte, iş parçası için hangi miktarda takım aşınmasının kabul edilebildiğinin belirlenebildiği ve takım tezgahının zarar görmesini önleyici özelliklere sahip bir sistem olmalıdır (Dimla ve Dimla 2000). Birçok çalışma güvenilir bir TCMS geliştirme kaygısı taşımaktadır. Bununla birlikte endüstriyel uygulamalarda yaygın ve bir çok alanda kullanılan bir sistem bulunmamaktadır (Dan ve Mathew 1990) (Lister 1993).

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

---

Takım durumu görüntüleme sistemlerinde takım durumunun izlenebilmesi için birçok veri kullanılmaktadır ve bu verilerden yaygın olarak kullanılan parametrelerden biri de titreşim sinyalleridir.

Dimla (1998) metal tornalama işlemi sırasında elde edilen ilerlemeli takım aşınması üzerine detaylı bir araştırma yapmıştır. Bu çalışmada P15 ve P25 takımları kullanılarak kuru kesme şartlarında titreşim sinyalleri toplanmıştır. Her bir titreşim verisi için zaman ve frekans alanlarındaki değerleri kullanarak üç çeşit takım aşınması ölçümlerine (yanak, burun, çentik) bağlı olarak takım ömrünü tespit etmiştir. Zaman alanın karakteristiklerini yorumlamak için sinyallerin toplam spektrum gücüne bakmıştır, frekans karakteristikleri için de spektrum ve kontur grafiği kullanmıştır. Toplam güç özelliklerinin, ilerlemeli takım aşınmasının görüntülenmesinde verimsiz olduğunu fakat çatlak tespitleri için makul olduğunu belirtmiştir. Şelale modelli spektral grafik gözlemlerine göre en hassas sinyallerin kesme yönünde (z ekseni) en az hassas sinyallerin de x ekseninde toplandığı belirtilmiştir. Çalışma sonucunda geçerli kesme şartlarının takım aşınmasının miktarı ve çeşidinde etkili olduğu belirtilmiştir.

Yao ve ark. (1991) titreşim sinyallerini ölçerek yiv aşınmasının tespit edilmesi ve kestirimi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada üzerine bir 3-D ivmeölçer yerleştirilmiş bir torna kullanılarak 5 farklı kesme şartlarında deneyler yapılmıştır. Her bir kesme işlemi takım aşınmasındaki miktarın ölçülmesi için durdurulmuştur. Kaydedilen titreşim sinyallerine çok değişkenli zaman serileri analizi uygulanmıştır. Deneyler sonucunda geri yayılım analizleri göstermiştir ki kesme kuvveti ve titreşimler iki pik noktasında yiv aşınması hassasiyet göstermiştir. Bu değerlerden birinin <200 Hz olarak düşük frekansta diğerinin ise >10 kHz olmak üzere yüksek frekansta olduğu belirtilmiştir.

Dan ve Mathew (1990) takım aşınması ile titreşim sinyallerini ilişkilendirmek için veri bağımlı sistem olarak adlandırılan bir ayrık modelleme yöntemi kullanmıştır. Bu yöntemin amacı takım aşınması için en hassas olan titreşim sinyallerinin yalıtılmasıdır. Elde edilen sonuçlara göre de belirli bir frekans bandında bulunan titreşim enerji miktarındaki bazı varyasyonlar kesme parametrelerinden bağımsız olarak gözlemlenmiştir. İvme sinyallerine spektral analizin uygulanması sonucunda kesme hızı ve takım aşınması arasında lineer bir ilişki olduğunu göstermişlerdir. Rotberg ve ark.

(1987, 1989) da kesme işlemi sırasında ara verilen bir düzenekte takım durumu kestirimi için titreşim analizleriyle ilgilenmişlerdir. Rotberg ve ark. (1987) çalışmalarında freze takımının talaşlı işleme giriş ve çıkış durumu üzerinde durmuşlardır. Alın frezeleme deneylerinde yanak ve krater aşınmaları ölçülmüştür. Kaydedilen veriler üzerinde detaylandırılmış sinyal işleme uygulamaları yapılmıştır. Aşınma eğrileri, takım ömrünün üç değişkeni (keskinlik, bölgesel yıpranma, yıpranma) göz önüne alınarak üç aşınma fazı belirtilmiştir. Elde edilen grafiklere göre takım ömrü boyunca takım aşınmasının belirlenmesinde titreşim sinyallerinin kullanışlı bir gösterge olduğu sonucuna varmışlardır. Diğer bir çalışmada ise Rotberg ve ark. (1989) titreşim verilerini asıl sinyaller olarak almışlardır ve takım aşınması görüntülenmesi üzerinde durmuşlardır. Yüksek frekans ve alçak frekans olmak üzere 2 temel sinyal özelliği belirlemişlerdir. Yapılan deneylerde kaydedilen ivme sinyalleri üzerinde yapılan değerlendirmeler sonucunda modellerinin doğrulandığını belirtmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda titreşim sinyallerinin kesin özellikler gösterdiğini, takım aşınmasının belirlenmesinde evrensel özellikler sunduğunu ve takım durumu görüntüleme sistemi kurulumunda kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Dimla (1998) titreşim sinyalleri ve kesme kuvvetleri arasındaki ara bağlantının kesme işleminin dinamiğini tanımladığını ifade etmiştir. Bu işlem parametrelerin kullanılmasının TCMS'ler geliştirmek için ilgi çekici olduğunu belirtmiştir.

Tipik talaş kaldırma izleme sistemleri belirli durumları izleyerek çalışırlar. Kesme bölgelerinde, kesme kuvvetleri, titreşimler, akustik emisyon, gürültü, sıcaklık, yüzey pürüzlülüğü gibi çeşitli değişkenler vardır. Bu değişkenler talaş kaldırma işlemlerinde ve kesici takım durumunun izlenmesinde kullanılmıştır. Kullanılan bu değişkenler talaş kaldırma durumu görüntülenmesi için oldukça verimlidir ve çeşitli fiziksel sensörler aracılığıyla ölçülebilmektedirler. Sensörlerden elde edilen sinyaller, işlenerek ve şartlandırılarak analog ve dijital sinyaller olarak ayrılmaktadır ve bunların hedefe yönelik işlenmesi ile takım durumu ve proses durumu için sinyal özellikleri geliştirilmektedir. Sensör sinyal özellikleri kavramsal karar verme mekanizması olarak kullanılmaktadır. Bu karar verme mekanizması sayesinde insan – makine veya makine – makine etkileşimi kullanılarak gönderilen bir sinyal aracılığıyla takımın değişmesi sağlanabilmektedir (Teti ve ark. 2010).

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

---

Titreşimleri ölçmek için çeşitli ölçme prensipleri kullanılmaktadır. Talaş kaldırma işlemlerinde titreşim ölçümlerinin yapılması için en çok kullanılan sensör tipi piezoelektrik transdüserlerdir. Kesme işlemi sırasında meydana gelen titreşimler kesme işlemine bağımlı ve bağımsız olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Bu iki grup birbirini dışlayan özelliklerde değildir. Bağımsız titreşimler, diğer makine veya makine parçalarından kaynaklanan zorlanmış titreşimler, dönen parçaların dengesizliğinden, gidip gelen parçaların atalet kuvvetlerinden ve sürücülerin kinematik yanlışlıklarından kaynaklanan titreşimler olarak sıralanabilir. Bağımlı titreşimler ise prosesin fonksiyonu olarak bir takım karakteristikler olarak belirtilebilir ve yarıda kesilen kesme işlemi buna örnek olarak verilebilir. İş parçasının homojen olmayışı ve iş parçasının özelliklerinde görülen değişimler de talaş kaldırma işlemi sırasında titreşimlere neden olabilir. Talaş kaldırma işleminde kendinden uyarımalı titreşim karakteristiği, titreşimin en ünlü tipi olarak bilinen tınlama titreşimidir (chatter). Tınlama titreşimi, yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrü için zararlıdır. Tınlama titreşimi, belirli bir dönme hızında malzeme yüzeyi ile takım arasında meydana gelen etkileşim sonucu ortaya çıkan titreşimin tekrarıyla meydana gelmektedir (Teti ve ark. 2010).

Tınlama titreşiminin tespiti için Kuljanic ve ark. (2008) çeşitli sensörleri karşılaştırarak endüstriyel tınlama titreşimi tespit sistemi için chatter tanılama yöntemleri kullanmışlardır. En iyi sonucu bir aksenal kuvvet sensörü ve iki ivmeölçerden oluşan bir çoklu sensör sistemi vermiştir. Berger ve ark. (1998) kesme kuvvetleri sinyallerine dalgacık dekompozisyonu uygulayarak tınlama olan ve olmayan durumları ayırt etmek için bir çalışma yapmışlardır. Govekar ve ark. (2000) çıkan kesme kuvveti sinyallerini kullanarak torna işlemi sırasında tınlama titreşimi başlangıcını tespit etmeyi amaçlamışlardır. Kwak ve Song (2001) taşlama işleminde tınlama titreşimlerini belirlemek için akustik emisyon temelli bir yöntem geliştirmişlerdir. Griffin ve Chen (2009) tınlama titreşiminin tespiti için taşlama işleminde akustik emisyon sinyallerinin çoklu sınıflandırması yöntemini önermiştir. Tangjitsitcharoen (2009) talaş kaldırma sırasında dinamik kesme kuvvetlerinin güç spektrum yoğunluğunu kullanarak sürekli tınlama titreşimi tespiti yapmayı hedeflemiştir.

Kesici takımlarda ve matkap ucunda aşınma işlemi başlangıçta yavaş bir şekilde gerçekleşmektedir ancak zamanla ivmelenerek artmaktadır. Kesici takım işleme başladığı andan itibaren aşınmaya başlamaktadır. Bu aşınmalar arttıkça kesici kuvvetler artmakta, daha fazla ısı ortaya çıkmakta ve en sonunda aşınma hızlanmaktadır. Meydana gelen bu aşınmalar takımın kesici uçlarının kaybolmasına sebep olmaktadır (Ertunç ve Sevim 2001). Malzemenin cinsine ve kesme parametrelerine (ilerleme hızı, dönme hızı vb. ) bağlı olarak kesici takım üzerinde farklı aşınma türleri meydana gelebilmektedir fakat bu çalışmada kesici takımın yan kenar aşınması dikkate alınmıştır. Takım aşınmasının tespit yöntemleri direk ve dolaylı olabilmektedir. Dolaylı yöntemler, çeşitli sensör sinyalleri (çekiş gücü ve tork, akım, akustik emisyon, titreşim) kullanılarak takım aşınmasının tespit ve kestiriminde geniş bir şekilde uygulanmıştır (Jantunen 2002).

Direk yöntemlerde talaş kaldırma işlemi durdurularak takım üzerinde meydana gelen aşınmalar fiziksel ölçüm yapılarak belirlenir. Dolaylı yöntemlerde ise talaş kaldırma işlemi durdurulmaz ve titreşim, kuvvet, gürültü vb. sinyaller kullanılarak takım aşınması hakkında değerlendirme yapılır. Dolaylı yöntemlerde üretimde bir kayıp meydana gelmez fakat işleme sırasında takım aşınmasının izlenmesinde kullanılan sinyallerde bozulmalar görülebilmektedir. Direk ölçümde takım aşınmasının mikroskop aracılığıyla, aşınmış yüzey miktarının ölçülmesi veya takımın ağırlığındaki işlem öncesi ve sonrası fark hesaplanarak meydana gelen kayıp hesaplanabilmektedir (Özdemir ve Erten 2003).

Kesici takımda meydana gelen aşınmaların gerçek zamanlı olarak izlenebilmesi için de çeşitli yöntemler kullanılmıştır. S.C.Lin ve R.C.Lin (1996) alın frezeleme işleminde takım aşınmasının izlenebilmesi için kesme kuvveti sinyallerini kullanmışlardır. Bu yöntemde bir yapay sinir ağı ve regresyon modeli kurarak, modellerini kesme kuvvetlerinin ortalaması ve kesme hızı, parça geometrisi, ilerleme hızı değişkenleriyle kullanmışlardır. Bu çalışma sonucunda yapay sinir ağı yöntemiyle kuvvet sinyallerinin kullanımının takım aşınmasının hesaplanmasında uygun olduğuna karar vermişlerdir. Dolinsek ve Kopac (1999) gerçek zamanlı olarak takım aşınmasının izlenebilmesi için akustik emisyon sinyalleri ile iş parçası yüzey kalitesini tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda akustik emisyon sinyallerinde meydana gelen artışın en önemli sebebinin takım aşınmasında meydana gelen artış olduğunu açıklamışlardır.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

---

Dimla ve Dimla (2000) ise talaş kaldırma işleminde gerçek zamanlı olacak şekilde takım aşınmasının izlenebilmesi için kullanılan yöntemlerin incelemesini yapmışlardır. Bu çalışma sonucunda kesme kuvvetleri ve titreşim kuvvetlerinin kullanılan en yaygın yöntemler olduğunu belirtmişlerdir. Choudhury ve ark (1999) tornalama işleminde takım aşınmasının gerçek zamanlı olarak takip edilebilmesi için optoelektronik sensörler kullanmışlardır ve yüzey aşınması sinyallerini doğrulamak için iş parçasının boyut değişimini yapay sinir ağı ile değerlendirerek geometrik bir ilişki ortaya koymuşlardır. Yaptıkları bu çalışmada elde ettikleri sonuçlara göre uyguladıkları yöntemin uygun olduğunu açıklamışlardır. Lim (1995) ise yaptığı çalışmada tornalama işleminde takım aşınmasının gerçek zamanlı olarak izlenebilmesi için titreşim ölçümlerini temel alan bir yöntem ortaya koymuştur. Çalışmalar sonucunda da bu yöntemin oldukça güvenilir olduğunu belirtmiştir.

Mauri ve Matti (1995) kesme gücü, iş mili motoru akımı, çekiş gücü ve tork değerlerinin online izlenmesinin, matkap ucunun kırılmasına kadar belirgin bir şekilde farklılık göstermediğini belirtmişlerdir. Hayashi ve ark. (1988) takım kırılmasını tespit edebilmek için sabit bir alt ve üst değer aralığında ultrasonik titreşimlerin enerjilerini analiz etmişlerdir. Tarn ve Tomizuka (1989) delme operasyonlarında takım kırılmasını belirlemek için kesme kuvvetlerinin sinyallerinin genliğini ve sabitlenmiş sınırları kullanmışlardır. Principe ve Yoon (1991) kesme şartlarına bağlı olarak meydana gelen deplasman miktarlarını dinamik olarak ölçerek takım kırılma algoritması oluşturmuşlardır.

Jemielniak (1992) takım aşınmasının tespiti için alt ve üst limit bantlarını kullanarak kesme kuvvetlerinin düşük geçirgenli filtrelenmiş kesme kuvvetlerinin incelenmesini önermiştir. Lee ve ark. (1994) sabitlenmiş sınırlar kullanarak akustik emisyon sinyal tespiti ve kesme kuvvetinin görüntülenmesini içeren iki aşamalı bir tespit taslağı tasarlamıştır. Liu ve Wu (1990) çekiş gücü ve tork değerlerini, dört takımın aşınmasında ilişkili özellik olarak belirtmiştir. Bhattacharyya ve Sengupta (2007) kesme kuvveti sinyalleriyle birlikte sinyal işleme tekniklerini birleştirerek gerçek zamanlı takım aşınması kestirim çalışmasını yapmışlardır. Xiaoli ve Tso (1999) farklı kesme şartlarında matkap aşınması ve motor akımı arasında bir ilişki kurmuşlardır. Xiaoli (1999) küçük çaplardaki matkapların kırılmasını tespit etmek için motor akım sinyallerine dalgacık dönüşümleri uygulamıştır.

Govekar ve ark. (2000) delme işlemleri sırasında takım izlemesini akustik emisyon ölçümleriyle başarılı bir şekilde gerçekleştirmiştir. Abu-Mahfouz (2003) titreşim sinyalleri kullanarak matkap aşınması tespiti ve sınıflandırmasını gerçekleştirmiştir. Jun ve Suh (1999) takım kırılmasını belirlemek için kullanılan algoritmaları sinyal işleme yöntemlerine göre üç ana sınıfa ayırmışlardır. Bunlar direk eşik ayarı, zaman serileri analizi ve sinir ağıdır.

Kesme kuvvetlerinin ölçümü yönteminde ölçüm alabilmek için dinamometre cihazı ve çeşitli montaj elemanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yöntemde kullanılan ekipman ve donanım işlemin katılık ve dinamik davranışlarını etkileyebilmektedir (Mahfouz 2003). Akustik emisyon işleminde sensörler kullanılmaktadır ve kullanılan bu sensörler genellikle ivmeölçerlerden daha yüksek maliyetli olmaktadır. AE sensörleri yüksek örnekleme oranı, gürültü filtreleme, veri depolama ve belleğe gereksinim duymaktadırlar. Bu gereksinimden dolayı AE sensörleri delme işlemi sırasında yüksek frekanstaki sinyallerin elde edilmesinde kullanılmaktadırlar (Mahfouz 2003).

EI-Wardany ve diğerleri (1996) titreşim sinyallerini kullanarak matkap ucundaki takım aşınmasını belirlemeye çalışmışlardır. Yaptıkları çalışmada matkap aşınma türlerini belirleyebilmek için kurtosis zaman alanını ve güç spektrumu eğrisini kullanmışlardır. Lin ve Ting (1995) yaptıkları araştırmada kesme kuvvetlerinin takım aşınmasına etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Bu araştırma sonucunda kesme kuvvetleri ile takım aşınması arasında ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Lin ve Ting (1996) ise yaptıkları deneylerde sample modeli ve batch modellenmiş geri yayımlı yapay sinir ağlarını kullanarak takım aşınmasını belirlemeye çalışmış ve kullandıkları yöntemler arasında en iyi sonuçları sample model ile elde ettiklerini açıklamışlardır. Xiaoli ve Tso (1999) belirli kesme ve ilerleme hızlarında meydana gelen takım aşınmasını tespit edebilmek için deney sonuçlarını regresyon modeli kullanarak değerlendirmişlerdir. Choudhury ve Raju (2000) da yaptıkları deneylerde matkap takımının yan kenar ve köşe aşınmalarını tespit etmeye çalışarak bir regresyon modeli geliştirmişlerdir.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

---

Jun ve Suh (1999), sensör tabanlı bir takım kırılması tespit sistemi geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri bu sistemde CNC tezgâhının iş miline yerleştirdikleri sensörden zaman-alan titreşim sinyallerini alarak takım bozulmasını gerçek zamanlı olarak görüntülemişlerdir. Gerçek zamanlı tespit için kontrol limitlerinin kesme şartlarından bağımsız ve otomatik olarak hesaplandığı, istatistiksel süreç kontrol sistemi metodunu kullanarak bir yaklaşım ortaya koymuşlardır.

Hsieh ve ark. (2012) mil üzerinde yerleştirilmiş bir ivmeölçer, data acquisition donanımı, sinyal dönüştürücü modül ve geri yayımlı sinir ağları kullanarak hassas bir takım durumu izleme sistemi geliştirmişlerdir. Bu çalışmada aynı zamanda sensör kurulumunun, seçilen özelliklerin ve bant genişliği boyutunun sınıflandırma oranı üzerindeki etkilerini de incelemişlerdir. Sistemi eğitmek ve doğrulamak için gerekli olan titreşim sinyallerini alabilmek için sistem, 700  $\mu\text{m}$  çapında hassas uç freze ve SK2 iş parçasından oluşan hassas frezeleme araştırma platformuna entegre edilmiştir. Kesme sırasında üç eksenle meydana gelen titreşim sinyallerini alabilmek için, mil yuvasına yerleştirilmiş bir platforma entegre edilmiş üç eksenli bir ivmeölçer kullanılmıştır. Bu çalışmada frekans bölgesi özellikleri, zaman bölgesinin fourier dönüşümüyle frekans bölgesine dönüştürülmesiyle elde edilmiştir ve bu frekans bölgesi özellikleri seçilen bölgelerdeki takım aşınmalarını temsil etmektedirler. Frekans aralığı olarak 0 – 8 kHz kullanılmıştır. Yaptıkları çalışmada uygun titreşim özellikleri kullanılarak geri yayımlı bir sinir ağı sınıflandırıcısı geliştirmiş ve test etmişlerdir.

Takım aşınmasının tespit edilmesinde titreşim sinyallerinin yapısının analizi isimli çalışmalarında Alonso ve Salgado (2008) endüstriyel uygulamalar için güvenilir bir takım durumu görüntüleme sistemi (TCMS) geliştirmeyi amaçlamışlardır. Önerdikleri TCMS tekil spektrum analizi (SSA) ve küme analizi kullanarak takım titreşim sinyallerinin analiz edilmesini temel almıştır. SSA özgün ve parametrik olmayan bir zaman serisi analiz tekniğidir ve bu yöntem takım titreşim sinyallerini toplam zaman serisi kümesinden ayırmaktadır. Küme analizi takım yanak aşınmasının tanımlanmasında ileribeslemeli geri yayımlı sinir ağında (FFBP) sunulan frekans alanındaki çeşitli bağımsız bileşenlerin elde edilebilmesi için SSA ayrıştırmasında kullanılmıştır. Onların bu çalışmalarının sonuçları SSA ve küme analizinin kullanımının verimli bir sinyal işleme metodu olduğunu ve takım aşınması görüntülenmesinde hızlı ve güvenilir bir yöntem olduğunu göstermiştir.

Wardany ve ark. (1995) delme işleminde titreşim sinyallerini kullanarak takım durumu izleme sistemi geliştirmişlerdir. Titreşim sinyalleri analiz yöntemleri kullanarak takım aşınmasını ve takım bozulmasını görüntülemeyi hedeflemişlerdir. Matkap aşınması ve kırılmasında zaman ve frekans alanlarını belirlemişlerdir. Bu özelliklerin kesme şartlarına ve sensör pozisyonuna göre göreceli olarak etkilenmediğini belirtmişlerdir. Zaman alanında, takım kırılmasının online tespitinde, enine ve boyuna titreşim değerlerinin hesaplamalarını temel alan izleme özelliği nispeten daha verimli bulunmuştur. Diğer taraftan frekans alanında her iki yönden izlenen titreşimlerin spektrumlarından elde edilen frekans oranının da takım kırılmasının tespitinde etkili olduğu belirtilmiştir.

Ghani ve ark (2002) nodüler dökme demirin seramik takımla işlenmesinde takım ömrü, yüzey pürüzlülüğü ve titreşimin belirlenmesi için bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Kesme deneylerinin, takım aşınmasındaki artışa bağlı olarak yüzey pürüzlülüğündeki değişmeyi incelemek için yapıldığını belirtmişlerdir. Deneyler çeşitli kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliğinde yapılmıştır. Titreşimlerin takım aşınması üzerindeki etkilerinin ana kesme kuvveti yönünde ve radyal kesme kuvveti yönünde olduğunu açıklamışlardır. Takım tutucuya yerleştirilen iki ivmeölçer aracılığıyla titreşimler ölçülmüş ve bu titreşim değerleri yüzey pürüzlülüğü ile sinyaların ivmelenmesi ve genliği arasındaki ilişkiyi incelemek için değerlendirilmiştir. 364-685 m/dak hız aralığında maksimum takım ömrü sadece 1.5 dakikalık bir artış göstermiştir. Yüzey pürüzlülüğü, bütün kesme şartlarında yanak aşınmasının ilerlemesine rağmen neredeyse sabit kalmıştır. Aynı yanak aşınması için kesme sırasında hız arttıkça titreşimin azaldığı gözlenmiştir. Düşük kesme derinliklerinde yanak aşınması artarken titreşim neredeyse sabit kalmıştır.

Aliustaoglu ve ark (2009) sensör füzyon model temelli bir fuzzy sistem ile takım aşınması durum izleme çalışması yapmışlardır. Aşınmış bir takımla yapılan kesme işlemlerinin iş parçasına zarar verebileceğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte eğer kesici takım kesme işlemine devam edebilecek durumdaysa, takımı değiştirmenin de gereksiz olduğu belirtilmiştir. Onlar çalışmalarında takım aşınmasını belirlemek için iki aşamalı fuzzy temelli bir izleme tekniği geliştirmişlerdir. Bunun için takımın durumuyla ilgili bir karar verebilmek için çeşitli sensörlerden alınan sinyaller değerlendirilmiştir. Amaçlanan şemanın birinci aşamasında fuzzy prosesi için ilerleme kuvveti, gürültü ve titreşim sinyalleri giriş verileri olarak kullanılmıştır ve bu procesten çıkan veriler ikinci aşamanın

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

---

giriş verileri olarak kullanılmıştır. Bu ikinci aşamadan çıkan veriler ise bir sınır fonksiyonuna tabi tutulmuştur ve bu işlemde çıkan veriler de takım durumunun belirlenmesinde kullanılmıştır. Titreşim ölçmek için bir ivmeölçer ve kesme kuvvetini ölçmek için de bir dinamometre kullanmışlardır. Gürültü verisi ise iş parçasının hemen yanına yerleştirilen bir mikrofon ile toplanmıştır. Toplanan verilerin hepsini bir data acquisition kartı ile bilgisayara aktararak takım aşındıkça titreşimlerde bir artış olduğunu görmüşlerdir. Ayrıca takım aşınması belirleme sürecinin çok karmaşık ve zor bir süreç olduğunu ve kesme hızı, ilerleme hızı gibi değerlerin de takım aşınmasını etkilediklerini belirtmişlerdir.

Yapay sinir ağları kullanılarak ilerleme kuvveti ve kesme momenti sinyalleriyle takım aşınmasının belirlenmesi adlı çalışmalarında Yang ve ark. (2009) kesme sinyalleri kullanarak takım aşınmasının belirlenmesi ve kestirim yöntemlerinin geliştirilmesinin hızlı bir şekilde arttığını belirtmektedirler. Onlar yapay sinir ağları temelli aşınma kestirim yöntemlerinin geleneksel kestirim yöntemlerine göre daha doğru ve hızlı olduğunu açıklamışlardır.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. İş Parçası

Deneyleerde İzoreel firması tarafından üretilen 0/90° elyaf arası açısına sahip, cam elyaf kumaş takviyeli kompozit malzeme (EPGC 201) kullanılmıştır (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2). 18 katmandan oluşan malzemenin kalınlığı 10 mm dir. Kompozit malzemenin fiziksel ve termal özellikleri, üretildiği ilgili standart ve mekanik özellikleri sırasıyla Çizelge 3.1, Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3’de verilmiştir.

	Fiziksel ve Termal Özellikler			
	<i>Termal Dayanıklılık Indx</i>	<i>Alevlenebilirlik</i>	<i>Yoğunluk</i>	<i>Su Emme</i>
TS-EN-60893	T.I.	Kategori	g/cm3	mg
EPGC 201	180	-	1,80	15

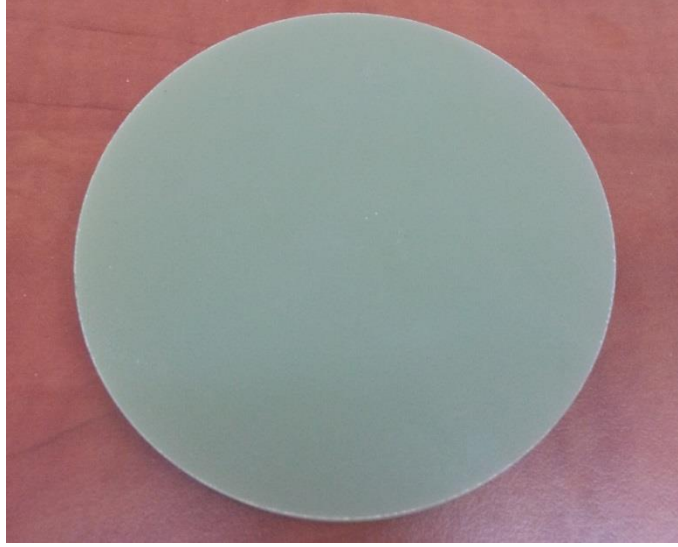
Çizelge 3.1. İş Parçasının Fiziksel ve Termal Özellikleri

İLGİLİ STANDARTLAR			Takviye	Reçine
TS-EN 60893	DIN 7735	NEMA LI-1		
EPGC 201	Hgw 2372	G-10	Cam Kumaş	Epoksi

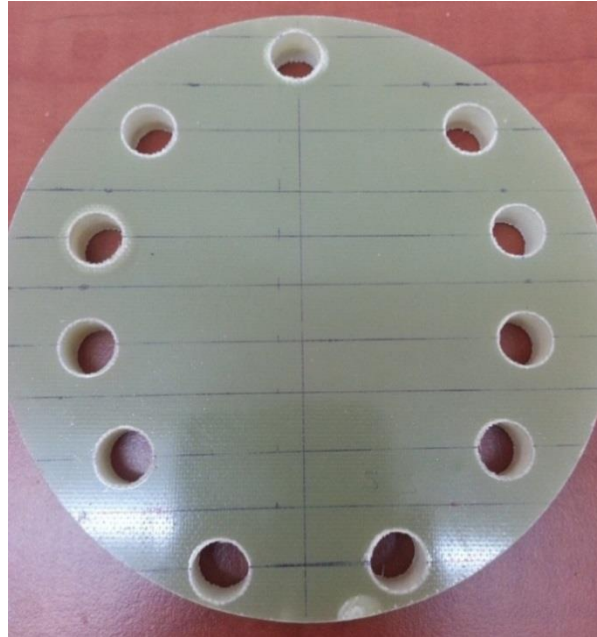
Çizelge 3.2. İş Parçasının İlgili Standartları

	Mekaniksel Özellikler						
	<i>EğilmeMukavemeti</i>		<i>Elastisite Modülü</i>	<i>Basma Mukavemeti</i>	<i>İzod Darbe Mukavemeti</i>	<i>Kesme Mukavemeti</i>	<i>Çekme Mukavemeti</i>
	<i>Oda Sic.</i>	<i>YüksekSic.</i>					
TSEN60893	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	kJ/m2	Mpa	Mpa
EPGC 201	400	300	20.000	500	60	55	320

Çizelge 3.3. İş Parçasının Mekanik Özellikleri



**Şekil 3.1.** Deneylerde Kullanılan İş Parçası



**Şekil 3.2.** Delinmiş İş Parçası

### 3.2. Delik Delme Tezgâhı

Bu çalışmada yapılan deneylerde ZX6330ZA freze tezgâhı kullanılmıştır (Şekil 3.1). Delme işlemi 950 d/dk devir sayısında ve 0.1 mm/dev ilerleme hızında yapılmıştır. Delme işlemi sırasında herhangi bir soğutma sıvısı kullanılmamıştır. Delme işlemi 330 defa aynı işlem parametrelerinde tekrarlanmıştır.



Şekil 3.3. ZX6330ZA Torna Tezgâhı



### 3. MATERYAL ve METOT

---

#### 3.3. Kesici Takım

Bu çalışmada matkap ucu olarak TS ISO 235 standartlarında, yüksek hız çeliği malzemesinden imal edilmiş,  $118^{\circ}$  uç açısına sahip, h8 çap toleranslı ve sağ kesme yönlü 10 mm çapında iki ağızlı matkap ucu kullanılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.4. 10 mm Matkap Ucu

### 3.4. Titreşim Ölçüm Elemanları

Titreşim ölçümleri için National Instruments firmasının NI-cDAQ veri toplama kartı (Şekil 3.5) ve NI 9234 ivmeölçer I/O modülü kullanılmıştır (Şekil 3.6). İvmeölçer olarak da Kistler firmasının Type 8202A10 ivmeölçeri kullanılmıştır (Şekil 3.7). Veri toplama kartı, I/O modülü ve ivmeölçerin özellikleri Çizelge 3.4, Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6'da belirtilmiştir.



Şekil 3.5. NI-cDAQ Veri Toplama Kartı

Number Of Slots	8
Built-in Trigger	Yes
Input Voltage Range	9V – 30V
Power Supply	DC
Counters	4
Size	32 bits
Operational Shock	50 g
Random Vibration	10 Hz – 500 Hz
Random Operation Frequency Range	5 g
Length	25.4 cm
Width	8.81 cm
Height	5.89 cm
Weight	900 gram
Operating Temperature	-40 °C - 70 °C
Storage Temperature	-40 °C - 85 °C
Maximum Altitude	5000 m
Operating Relative Humidity	10 % - 90 %
Storage Relative Humidity	5 % - 95 %

Çizelge 3.4. NI-cDAQ Veri Toplama Kartı Özellikleri

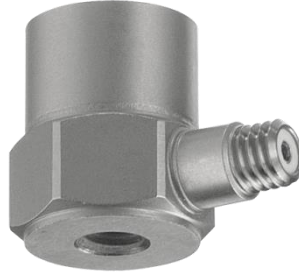
### 3. MATERYAL ve METOT



Şekil 3.6. NI 9234 İvmeölçer I/O Modülü

Product Family	Industrial I/O
Measurement Type	Accelerometer – Microphone
Form Factor	Compact DAQ – Compact RIO
Operating System / Target	Windows
RoHS Compliant	Yes
Single – Ended Channels	0
Differential Channels	4
Analog Input Resolution	24 bits
Maximum Voltage Range	-5V – 5V
Simultaneous Sampling	Yes
Excitation Current	2 mA
Dynamic Range	102 dB
Maximum Bandwidth	23.04 kHz
Input Impedance	305 kOhm
Signal Conditioning	Anti-aliasing filter – Current excitation
Number of Channels	0
Bidirectional Channels	0
Input-only Channels	0
Output-only Channels	0
Counters	0
Length	9 cm
Width	2.3 cm
I/O Connector	BNC connectors
Operating Temperature	-40 °C - 70 °C

Çizelge 3.5. NI 9234 İvmeölçer I/O Modülü Özellikleri



Şekil 3.7. Kistler Type 8202A10 İvmeölçer

Type	Unit	8202A10
Acceleration Range	g	±2000
Threshold Nom. ( Noise 100µvrms)	G	0,001
Sensitivity	pC/g	-10
Resonant Frequency Mounted, Nom.	kHz	45
Frequency Response ±5%	Hz	5 ... 10.000
Amplitude Non-Linearity	% FSO	±1
Insulation Resistance (24°C)	Ω	≥ 1 x 10 <sup>8</sup>
Capacitance	pF	500
Transverse Sensitivity Nom. (Max. 5%)	%	1,5
Long Term Stability	%	±1
Environmental: Base Strain Sensitivity @250µe	g/ µe	0,005
Shock Limit (1ms Pulse)	g	5000
Temperature Coefficient of Sensitivity	%/°C	0,13
Temperature Range Operating	°C	-70 ... 250
Construction: Sensing Lement	Type	Ceramic Shear
Housing/Base	Material	St. Stl.
Sealing-Housing/Connector	Type	Hermetic/Ceramic
Connector	Type	10-32 Neg
Weight	Grams	14,5
Mounting	Type	10-32 UNF-2B Thread

Çizelge 3.6. Kistler Type 8202A10 İvmeölçer Özellikleri

### 3. MATERYAL ve METOT

#### 3.5. Optik Mikroskop

Kesici takım üzerinde oluşan aşınmaların tipi ve miktarlarını belirleyebilmek için Nikon Epiphot 200 optik mikroskop kullanılmıştır (Şekil 3.8). Nikon Epiphot 200 optik mikroskopun özellikleri Çizelge 3.7’de verilmiştir.



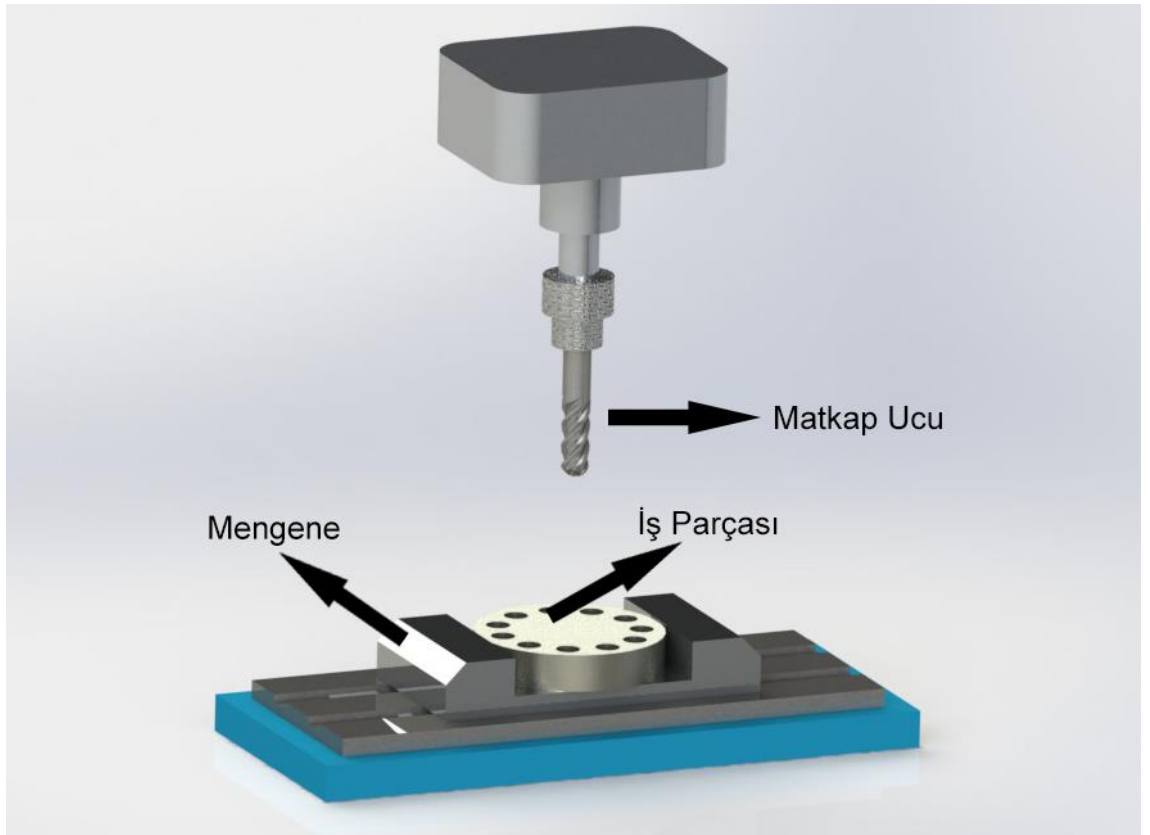
Şekil 3.8. Nikon Epiphot 200 Optik Mikroskop

Eyeplace Tube	4 types detachable: B2, F2, UW2,T2
Eyepieces	CFUWL10X, 10XM, CFWN8X, 10X, 10XEPM, CFN10XA
Light Distribution	2-way (observation/side port)
Light Source	12W-100W halogen 12W-50W halogen 100W Hg, 100W Xe
Focusing System	Nosepiece focusing
Stroke	4mm (3mm upward, 1mm downward)
Coarse	4mm/rotation
Fine	0.1mm/rotation
Minimum Reading	1µm coarse motion torque adjustable
Measuring Area	Photomicrographic System FX-III
Dimensions	361 x 736 x 436 mm

Çizelge 3.7. Nikon Epiphot 200 Optik Mikroskop Özellikleri

### 3.6. Delme İşleminin Gerçekleştirilmesi

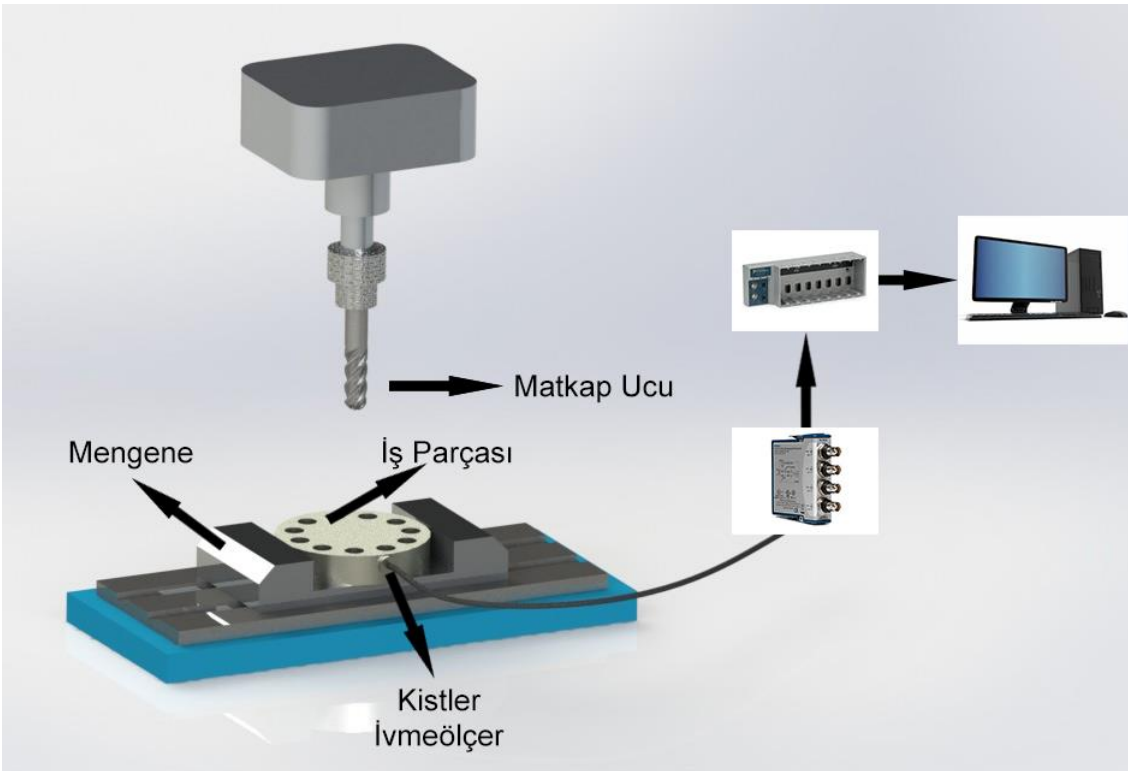
Bu çalışmada delme işleminin gerçekleştirilmesi için iş parçası bir mengene aracılığıyla freze tezgâhı üzerine sabitlenmiştir. Matkap 950 d/dk devir sayısı ve 0.1 mm/dev ilerleme hızında işleme yapacak şekilde ayarlanmıştır. Her bir iş parçası üzerinde 11 delik delinecek şekilde eşit aralıklarla delme işlemi yapılmıştır ve dairesel bir yol izlenerek delme işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Delme İşleminin Gerçekleştirilmesi

#### 3.7. Titreşim Ölçümlerinin Yapılması

Delme sırasında oluşan titreşimlerin ölçülmesi için Type 8202A10 ivmeölçer kullanılmıştır. Bu sensör özel bir yapıştırıcı vasıtasıyla iş parçasının yanal yüzeyine delme eksenine dik olacak şekilde sabitlenmiştir. Deney düzeneği Şekil 3.10'da gösterildiği gibi titreşim ölçümü alınacak şekilde hazırlanmıştır. İlk olarak tezgâh üzerinde iş parçası ve matkap ankastre sistem olacak birleştirilerek bir modal çekiç aracılığıyla sistemin doğal frekansı hesaplanmıştır (Şekil 3.11). Daha sonra tezgâh, delme işlemi yapmadan önce delme parametrelerinde çalıştırılmış ve tezgâh üzerinde oluşan titreşim ölçülmüştür. Bu işlemlerden sonra iş parçasının delinmesine başlanmış ve bu delme esnasında oluşan titreşim ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen titreşimler frekans – genlik grafikleriyle ifade edilmiş ve zamana bağlı olarak değişen genlik değerleri izlenmiştir.



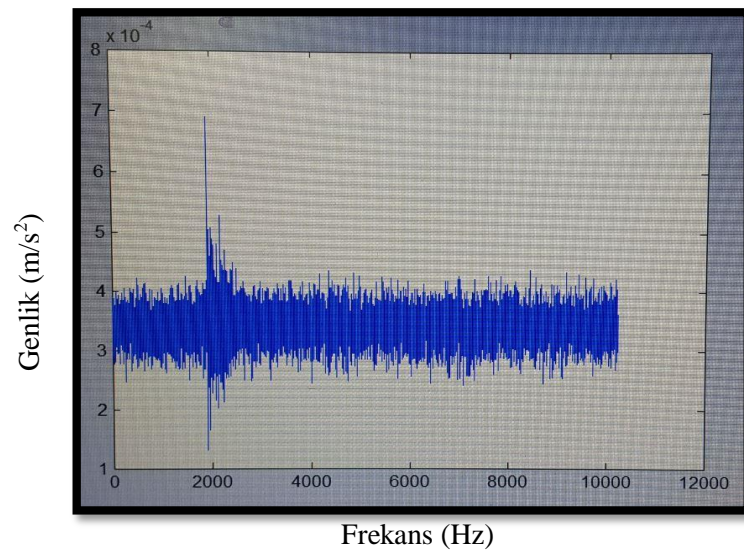
Şekil 3.10. Deney Düzeneği ve Titreşim Ölçümü

### 3.7.1. Sistemin Doğal Frekansının Belirlenmesi

Yapılacak deneysel çalışmada sistemin doğal frekansının belirlenmesi için matkap ile iş parçası ankastre olacak şekilde birbirine değdirilmiş (Şekil 3.11) ve bir modal çekiç ile matkap gövdesine vurularak ölçüm alınmıştır. Alınan ölçüm sonucunda (Şekil 3.12) doğal frekansın olduğu değerin iki katı alınarak çalışma aralığı belirlenmiştir.



Şekil 3.11. Sistemin Doğal Frekansının Belirlenmesi



Şekil 3.12. Sistemin Doğal Frekansının Ölçümü





#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

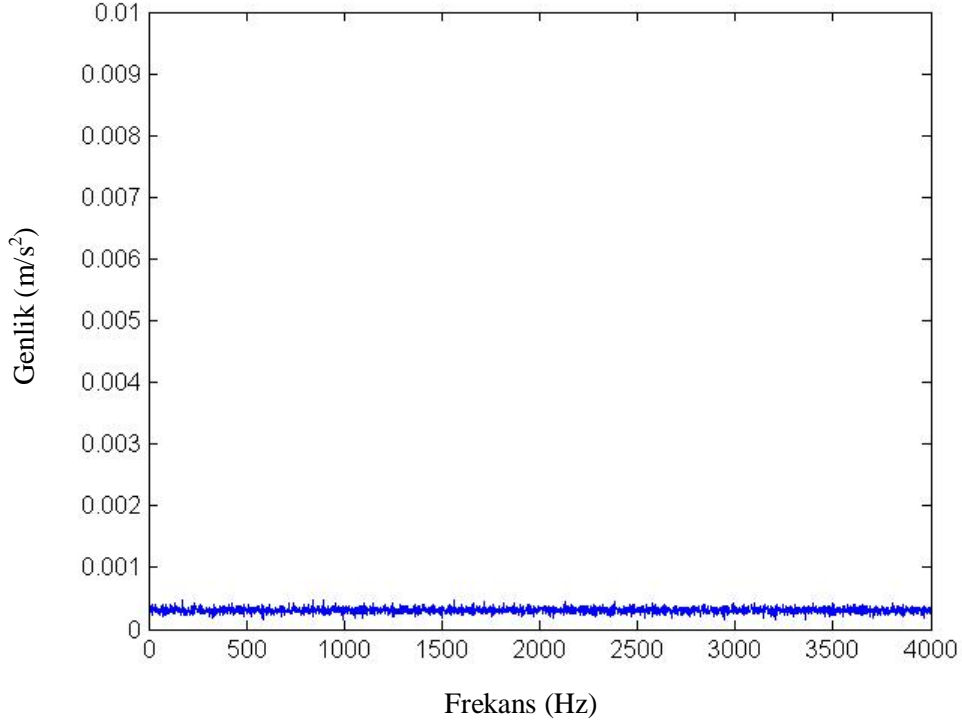
Bu çalışmada cam elyaf takviyeli kompozitin delinmesinde oluşan takım aşınmalarının titreşim analizi ile belirlenmesi amaçlanmıştır ve deneysel çalışmalar Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında yapılmıştır.

##### 4.1. Titreşimin Ölçülmesi

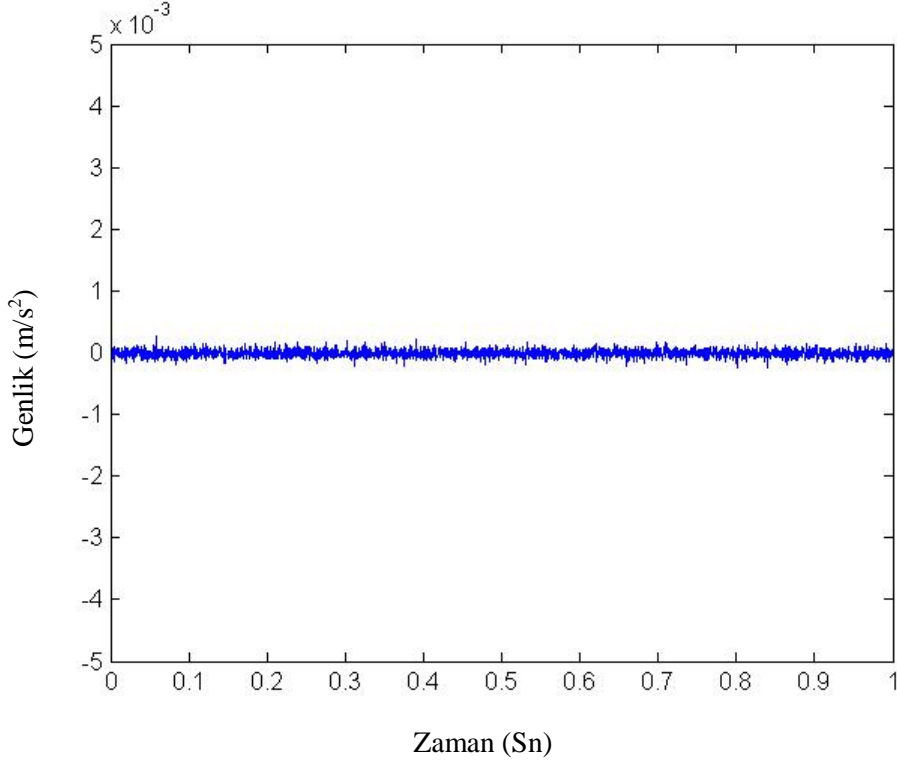
Ölçülen titreşimler frekans – genlik ve zaman – genlik şekilleriyle Şekil 4.1’den Şekil 4.68’e kadar olan kısımda gösterilmiş ve frekans değerlerine göre minimum-maksimum genlik değerleri Çizelge 4.1’de ifade edilmiştir. Ölçümler sonucunda elde edilen bu frekans – genlik grafiklerinde oluşan maksimum ve minimum genlik değerleriyle birlikte ortalama genlik değerleri belirlenmiş ve Çizelge 4.2’de ölçüm sayısına bağlı olarak değişimi gösterilmiştir. Ortalama genlik değerleri, ölçüm sayısı – ortalama genlik grafiklerine aktararak ortalama genlik miktarının ölçüm sayısına göre değişimi gösterilmiştir. Daha sonra takım aşınması ölçümleri yapılarak takım aşınma miktarı belirlenmiş, Çizelge 4.3’te belirtilmiştir ve son olarak ortalama genlik – takım aşınması ile takım aşınması ve genlik değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir (Çizelge 4.4).

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

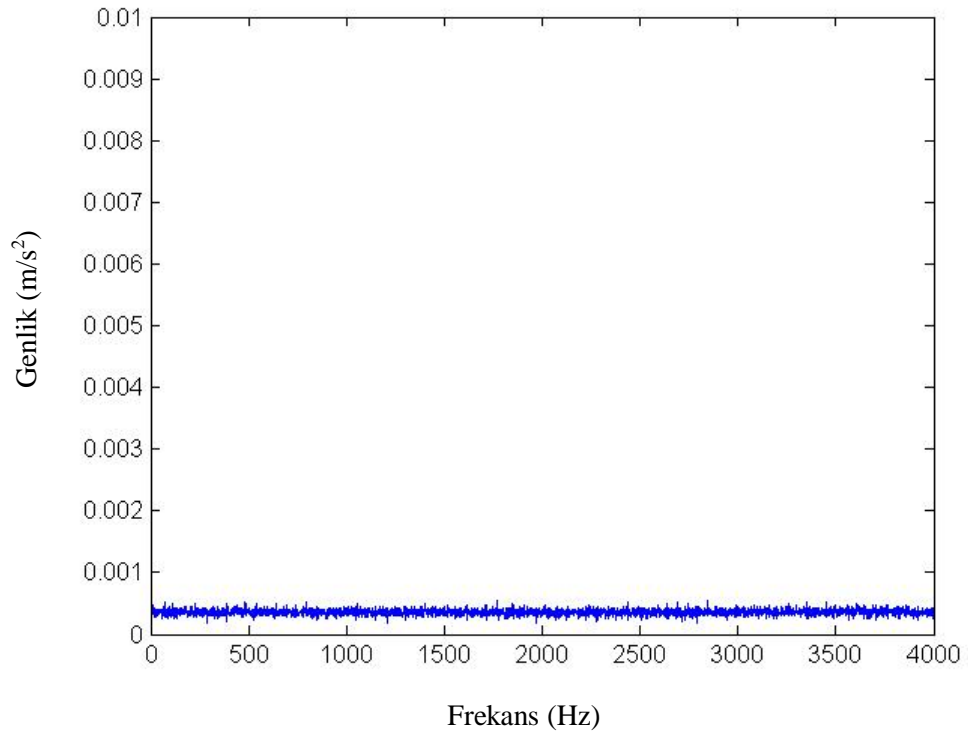
---



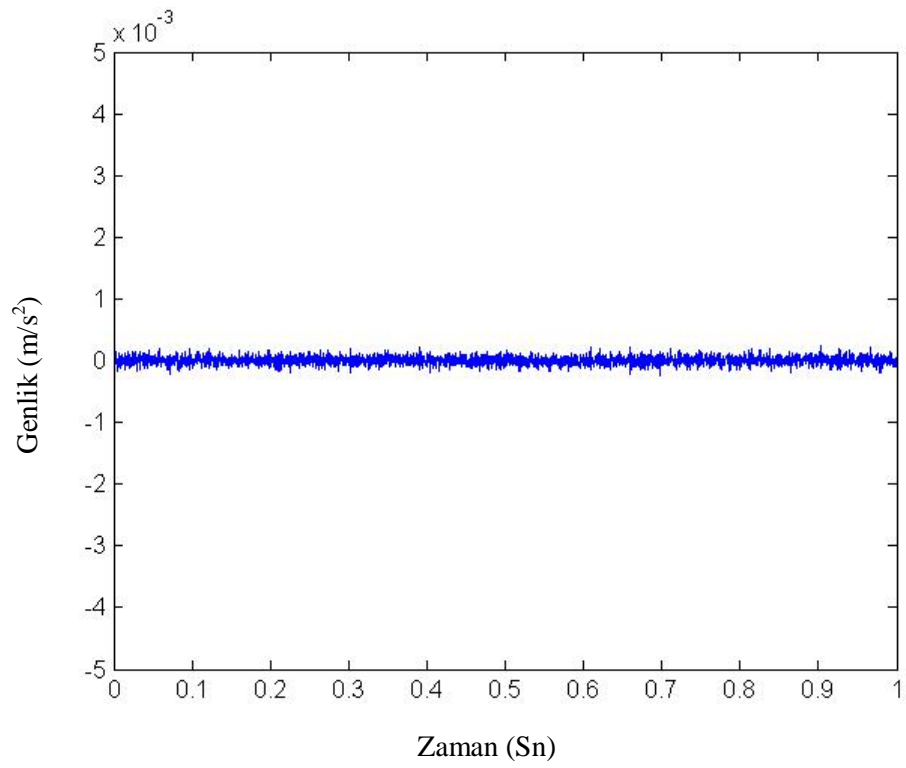
Şekil 4.1. 1. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



Şekil 4.2. 1. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı



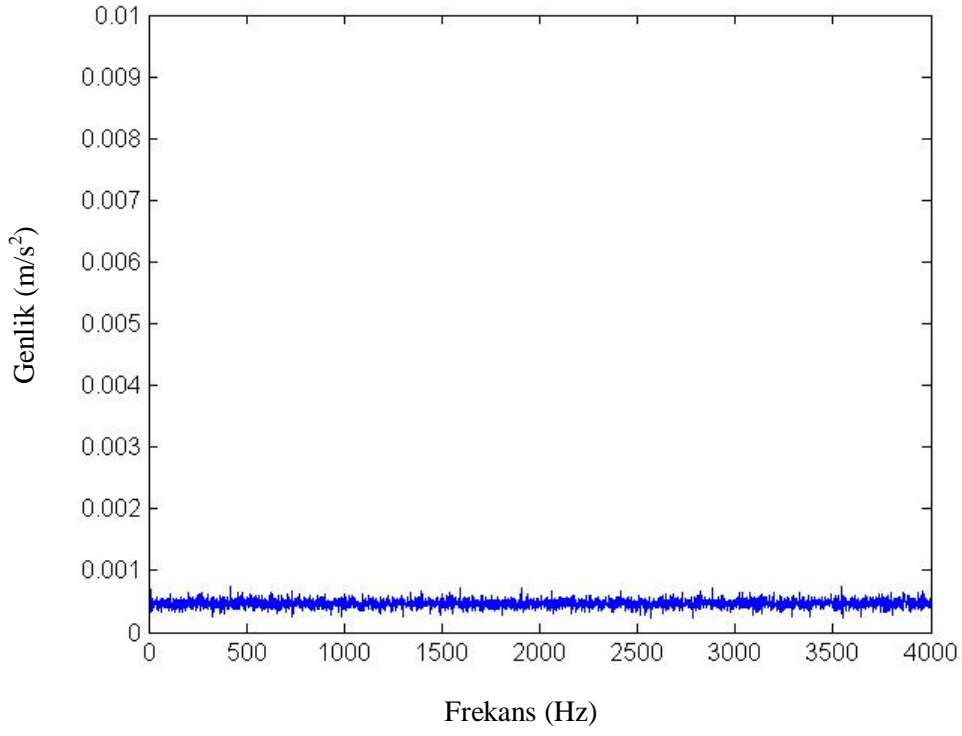
**Şekil 4.3.** 10. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



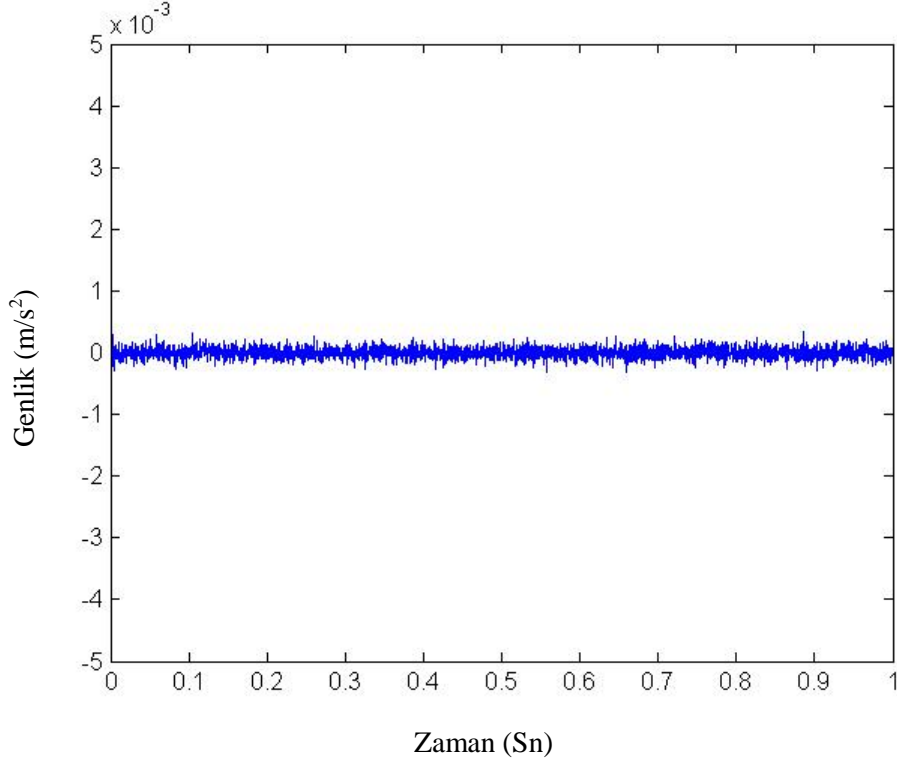
**Şekil 4.4.** 10. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

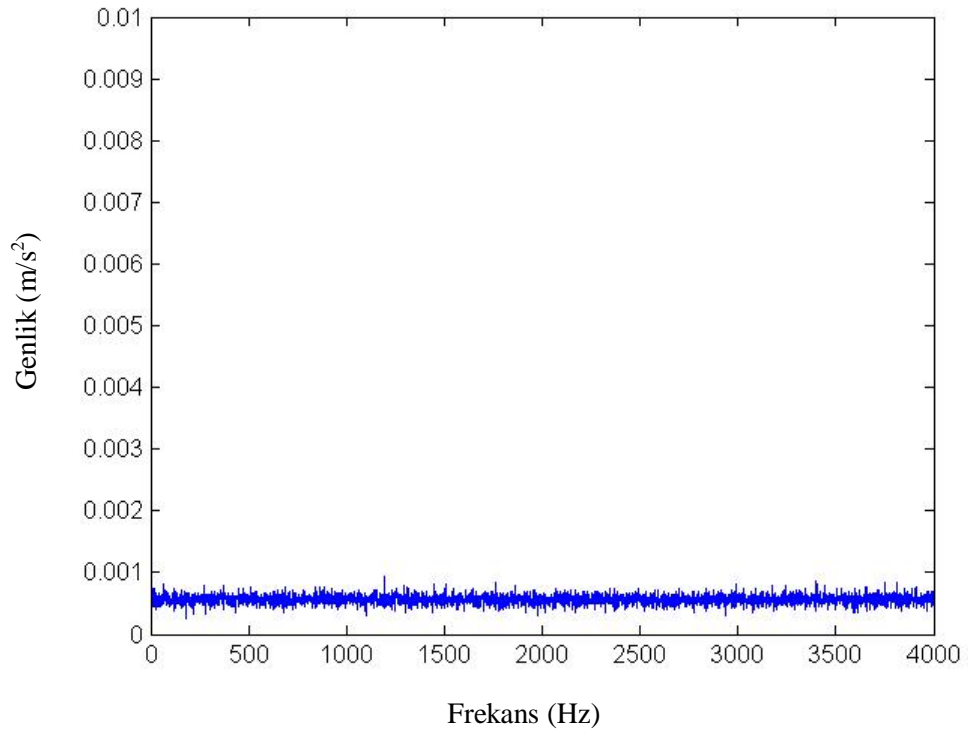
---



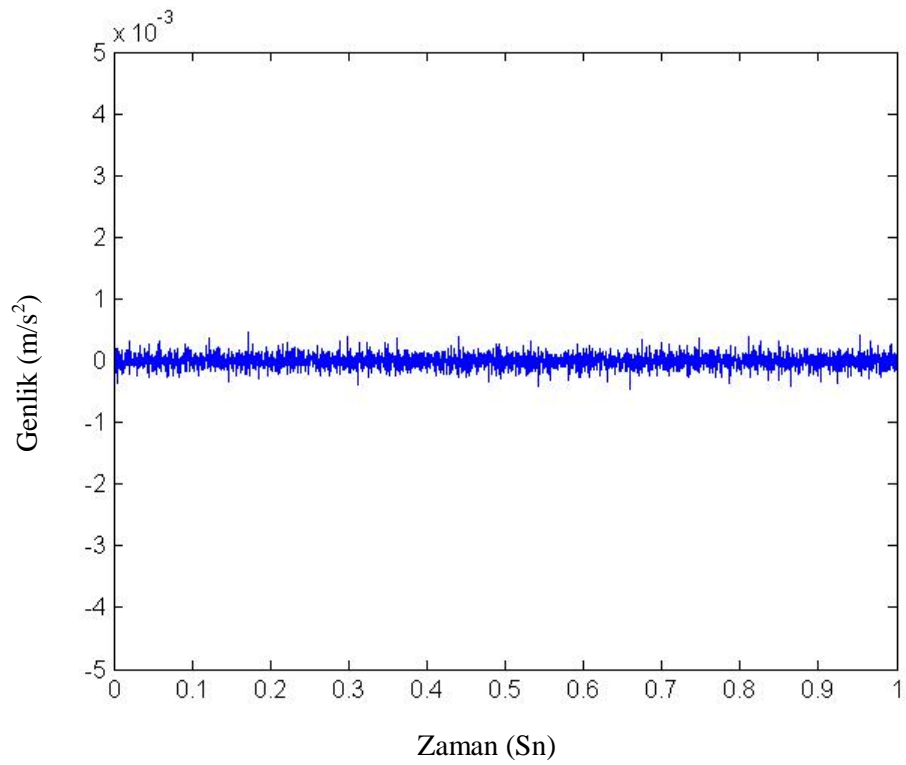
**Şekil 4.5.** 20. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



**Şekil 4.6.** 20. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı



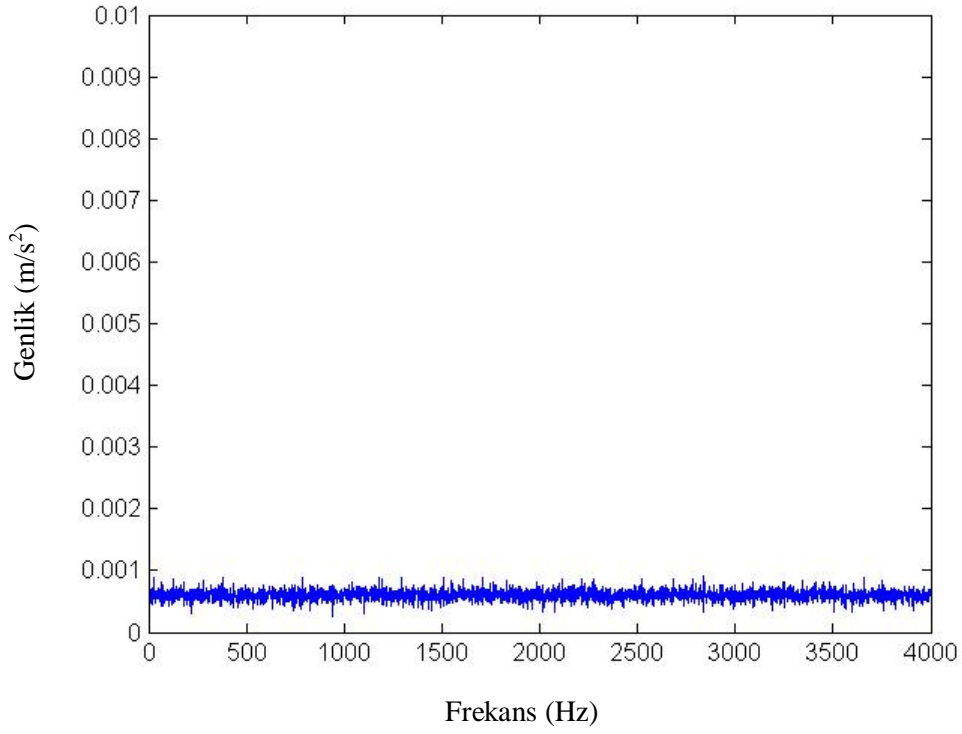
**Şekil 4.7.** 30. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



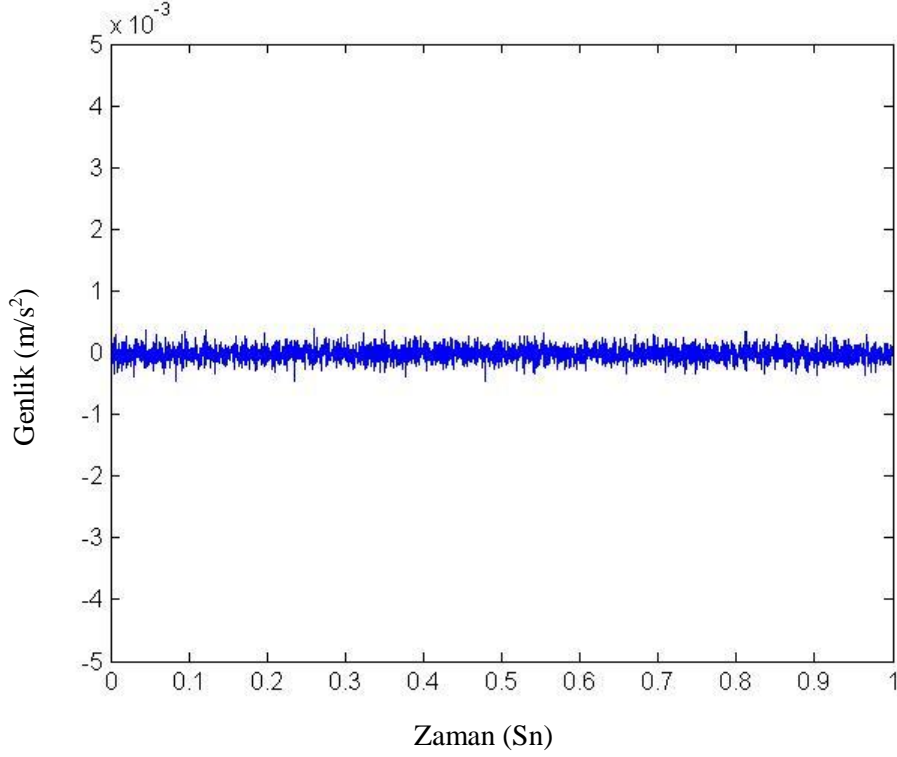
**Şekil 4.8.** 30. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

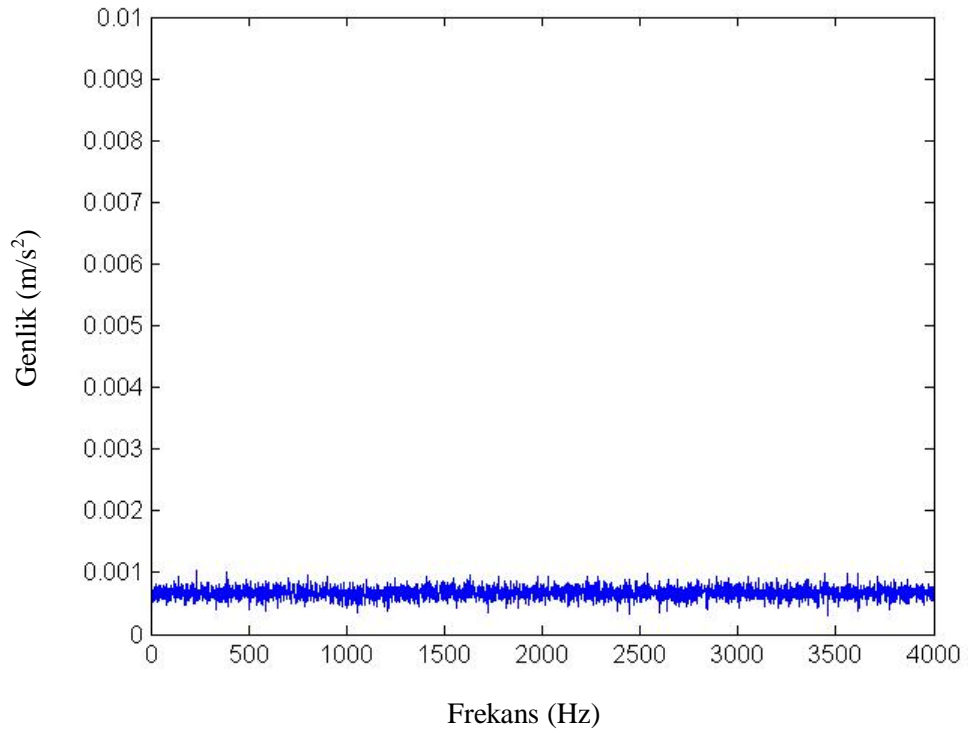
---



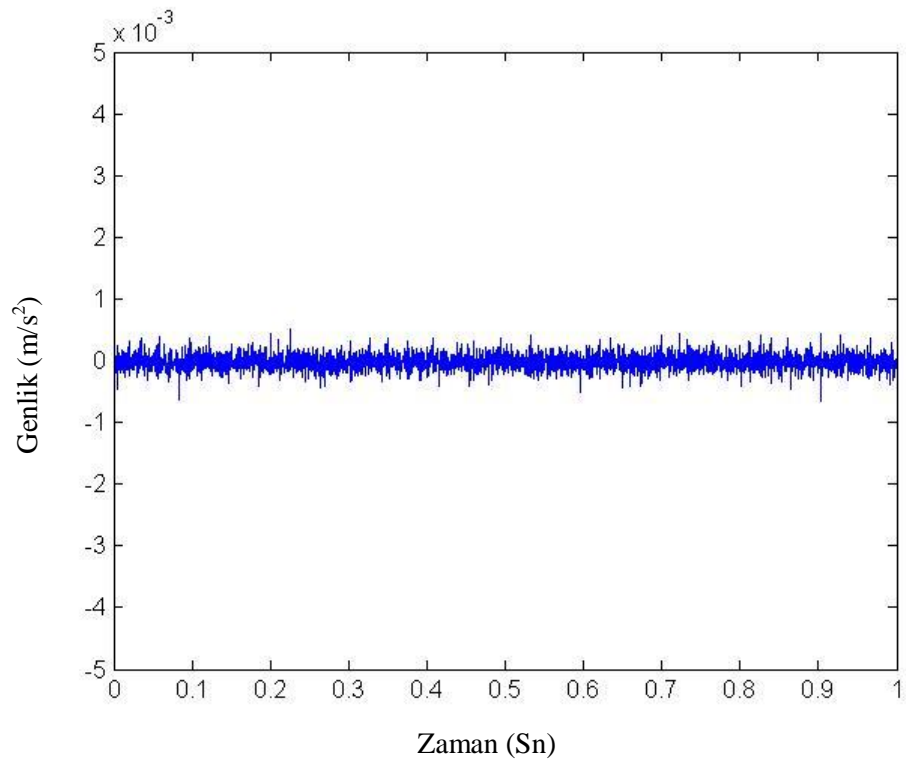
**Şekil 4.9.** 40. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



**Şekil 4.10.** 40. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı



**Şekil 4.11.** 50. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı

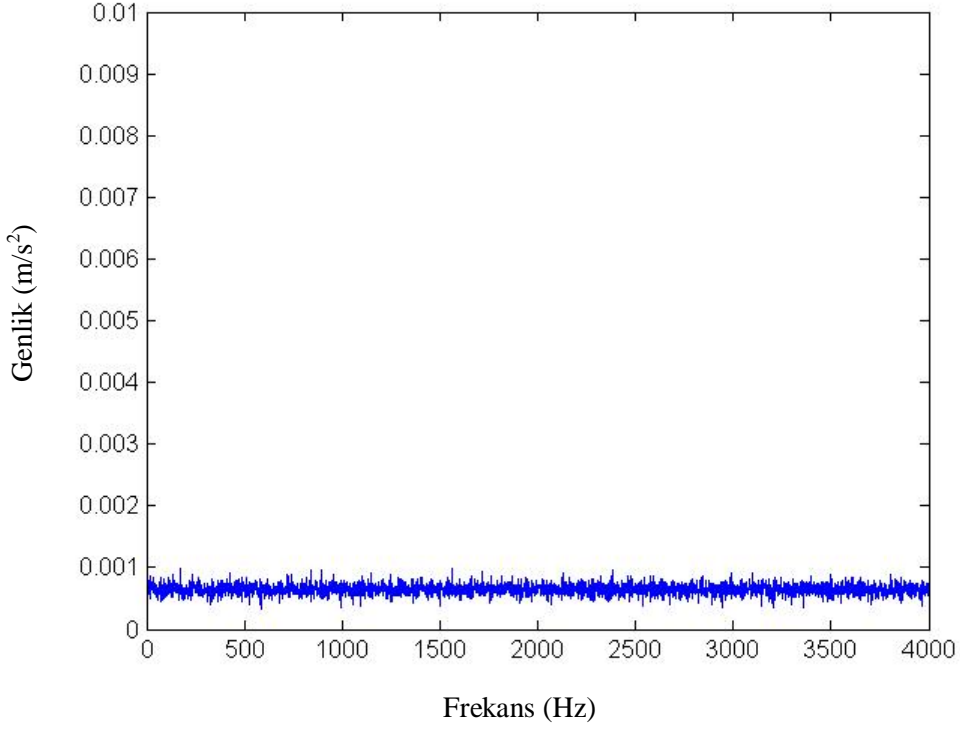


**Şekil 4.12.** 50. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı

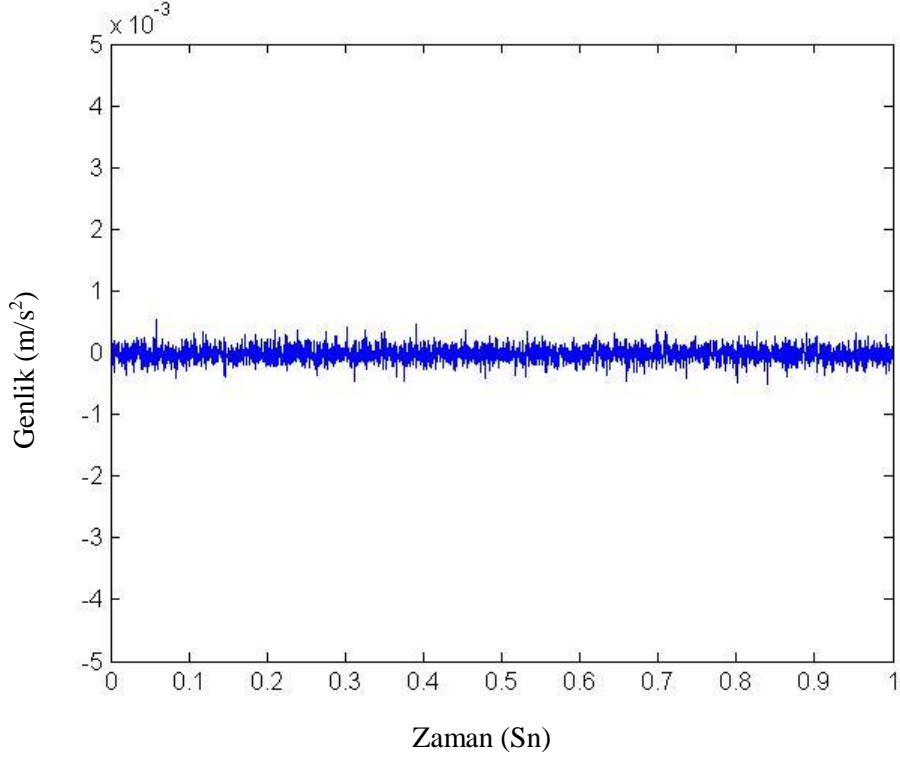


#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

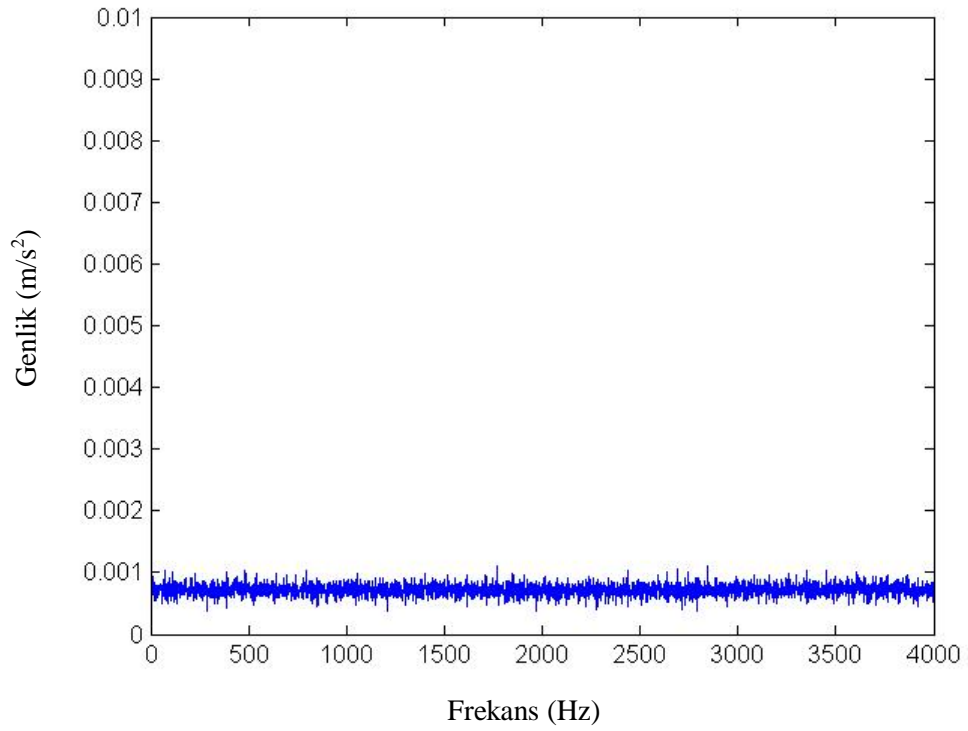
---



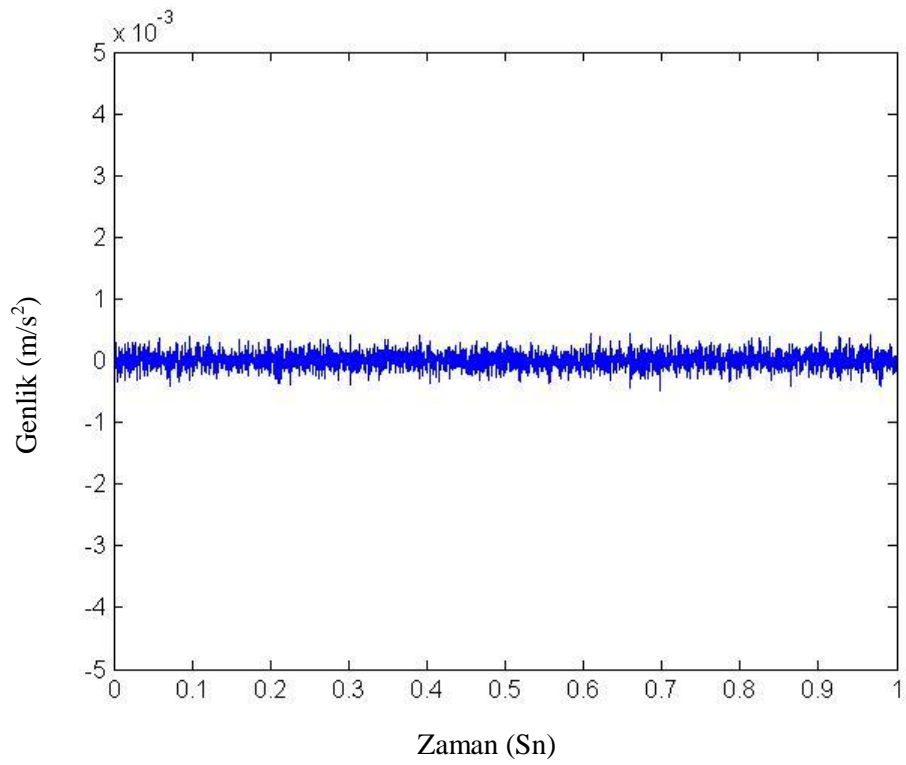
**Şekil 4.13.** 60. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



**Şekil 4.14.** 60. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı



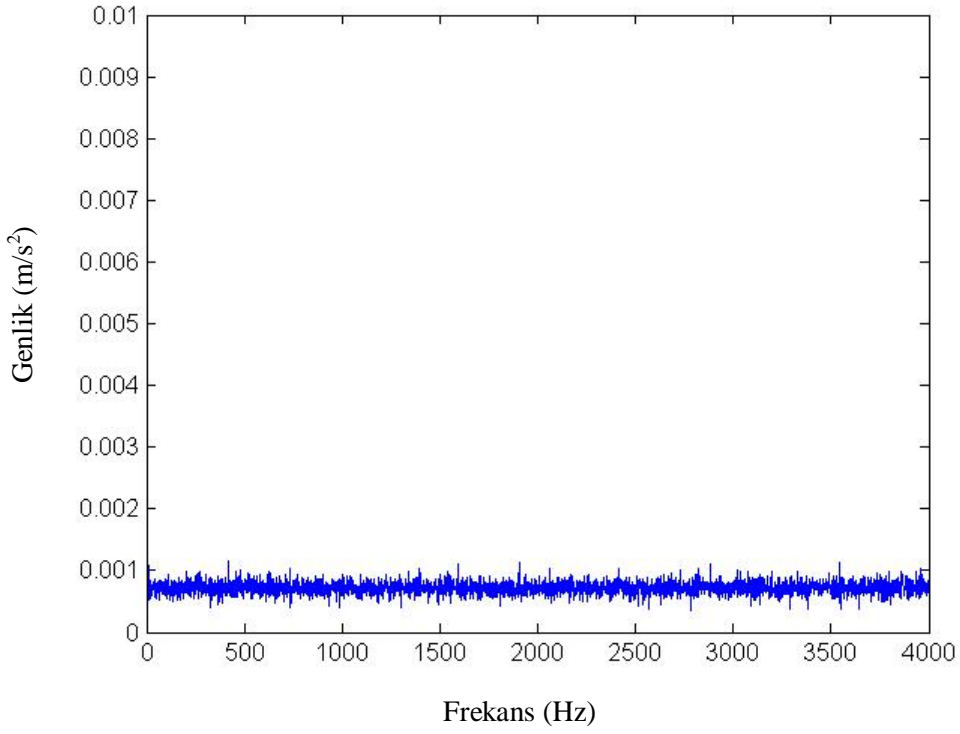
**Şekil 4.15.** 70. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



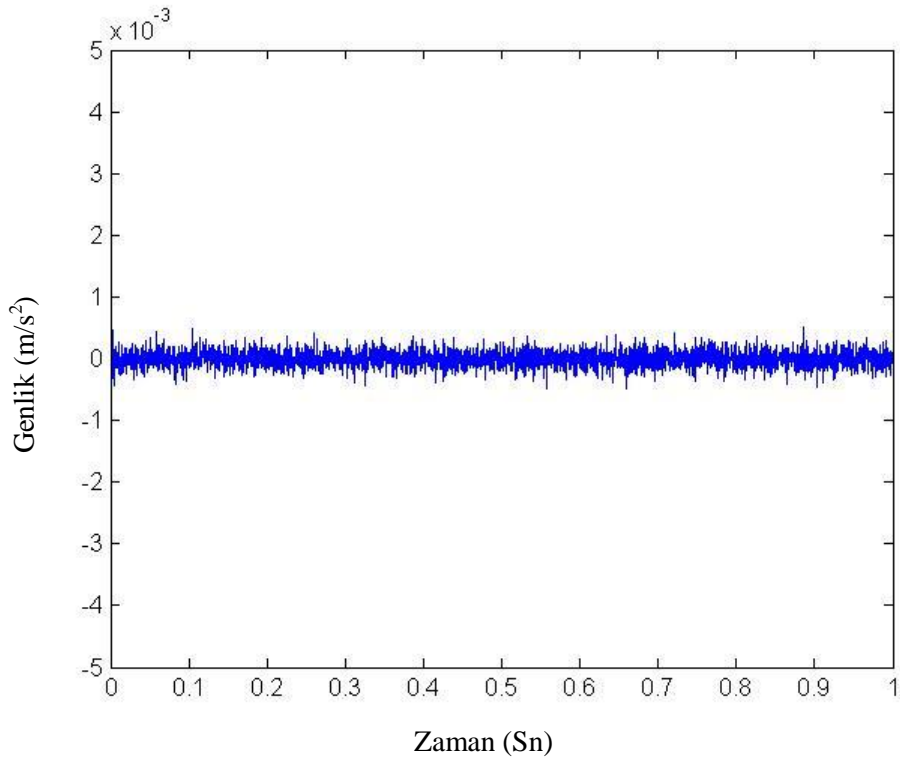
**Şekil 4.16.** 70. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

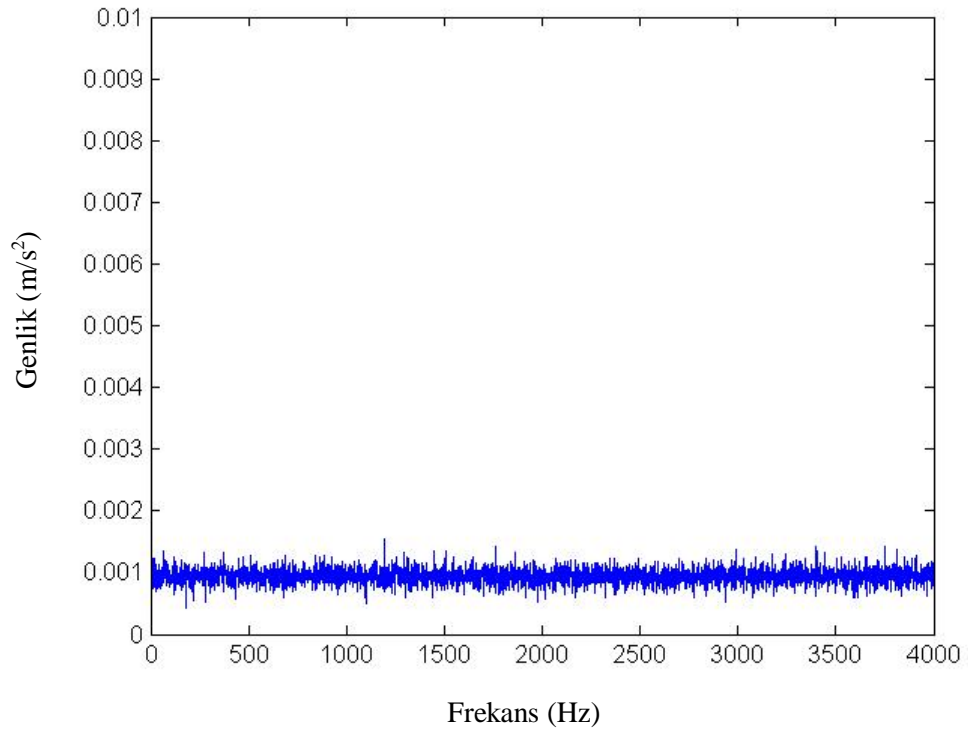
---



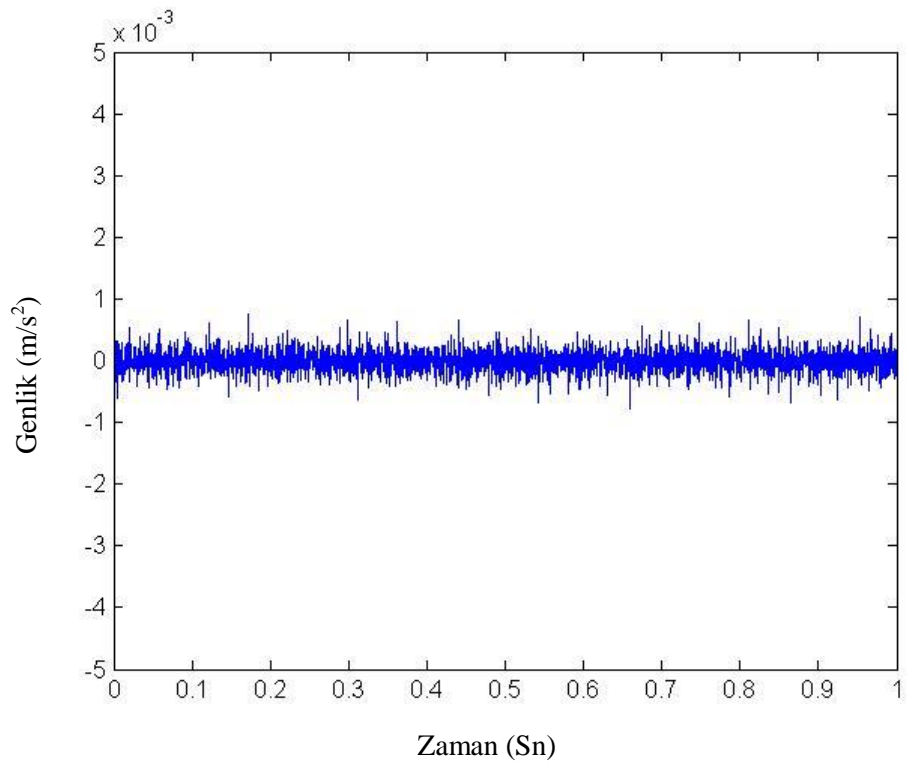
**Şekil 4.17.** 80. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



**Şekil 4.18.** 80. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı



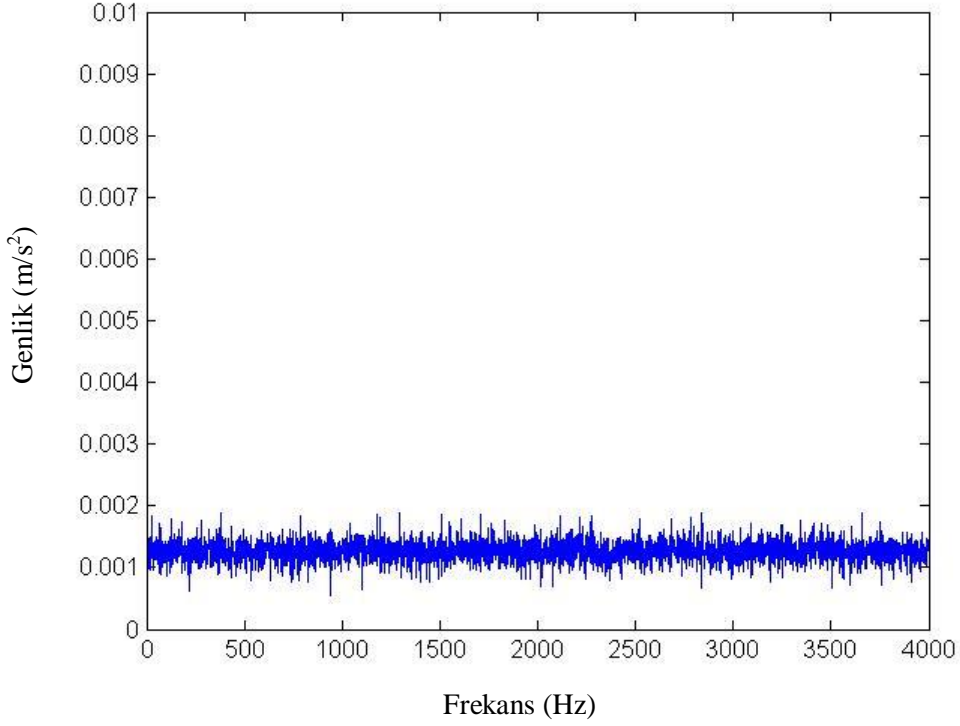
**Şekil 4.19.** 90. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



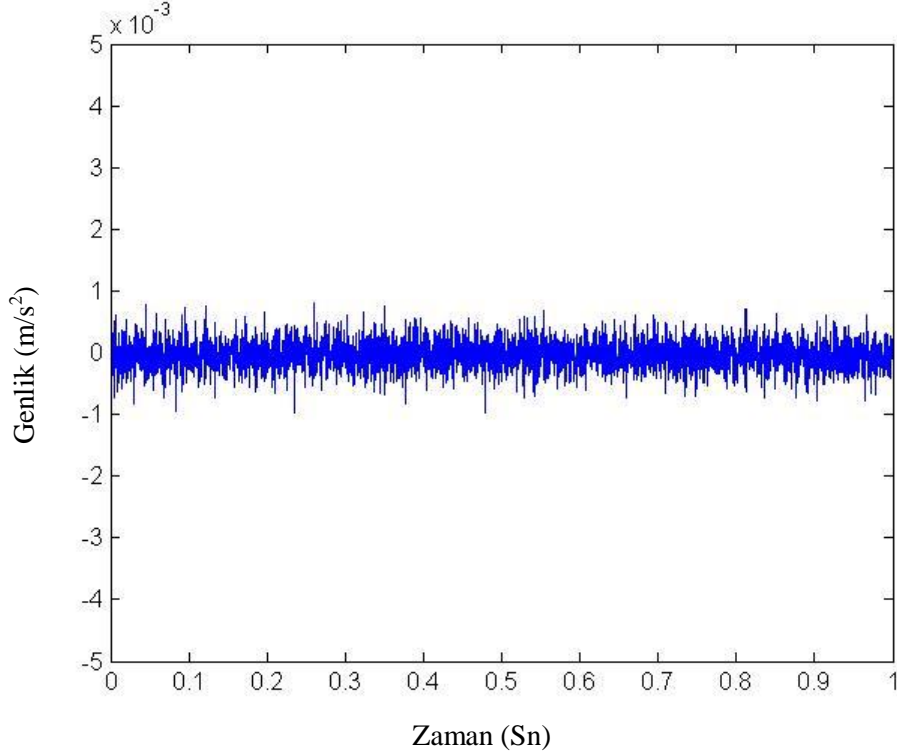
**Şekil 4.20.** 90. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

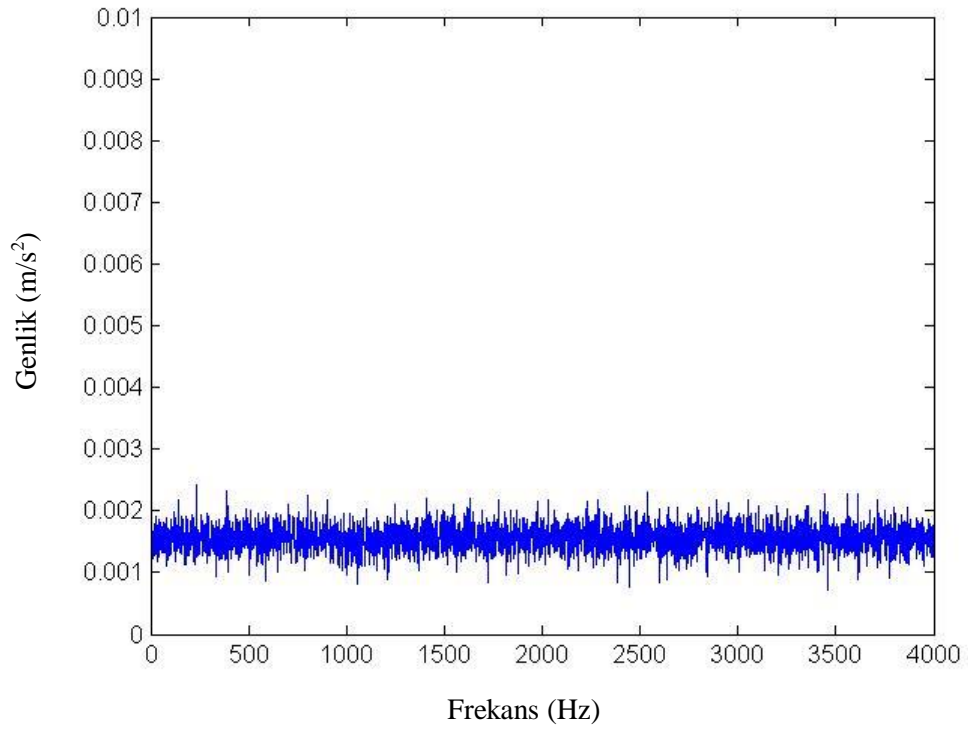
---



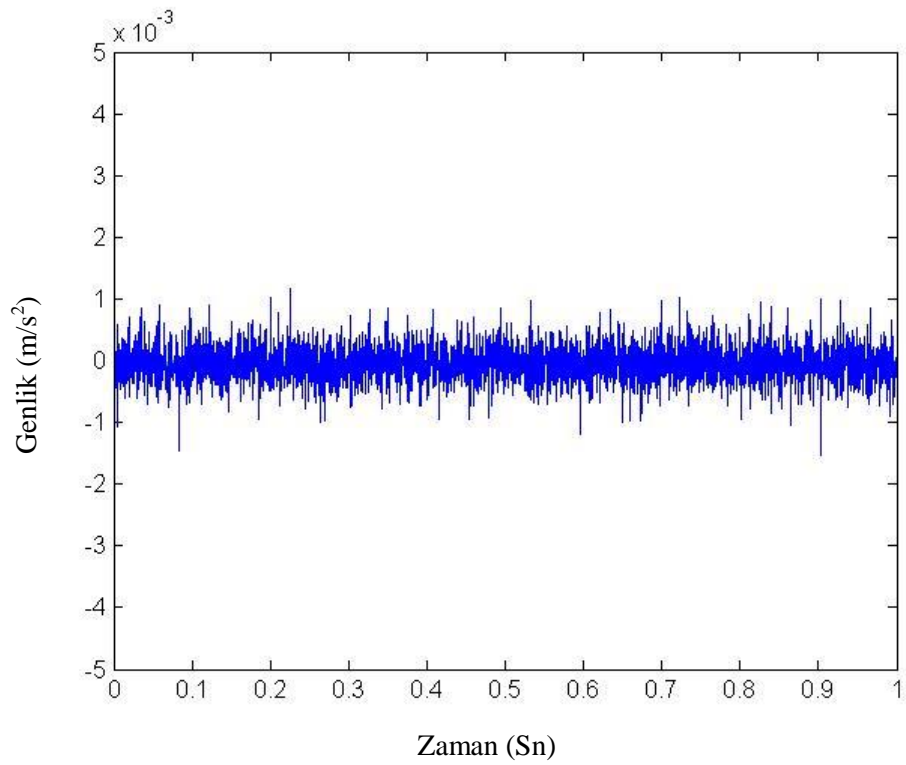
**Şekil 4.21.** 100. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



**Şekil 4.22.** 100. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı



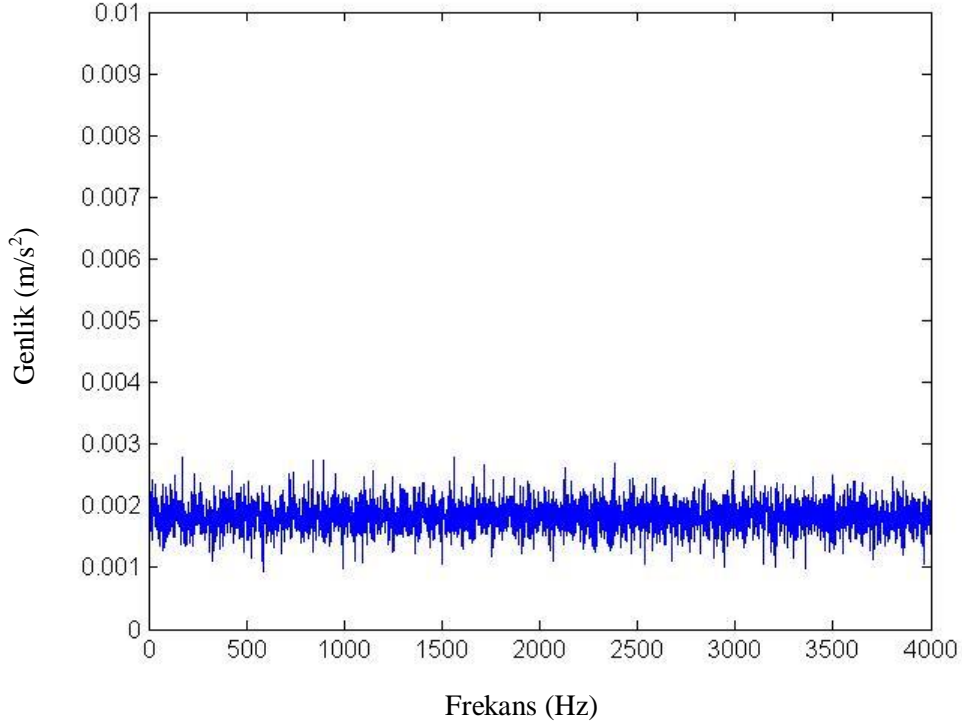
Şekil 4.23. 110. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



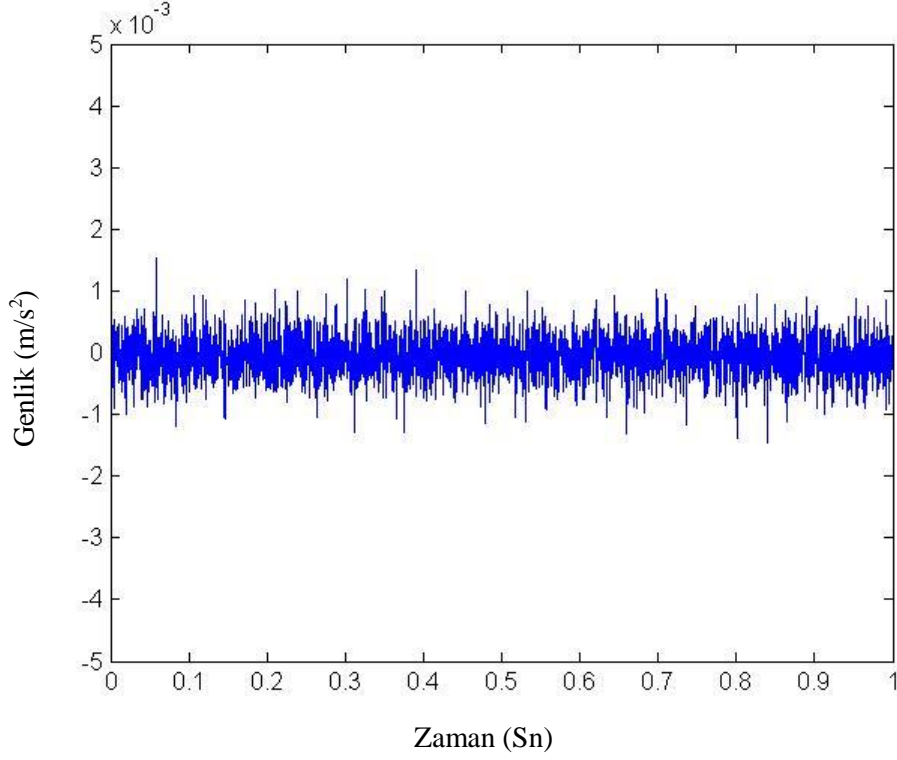
Şekil 4.24. 110. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

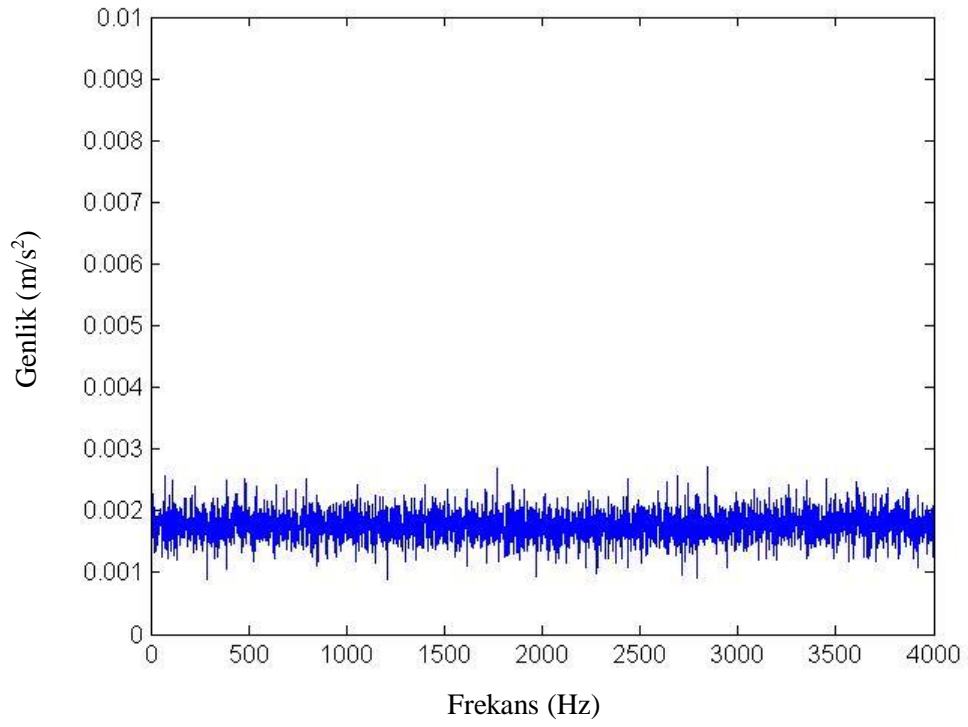
---



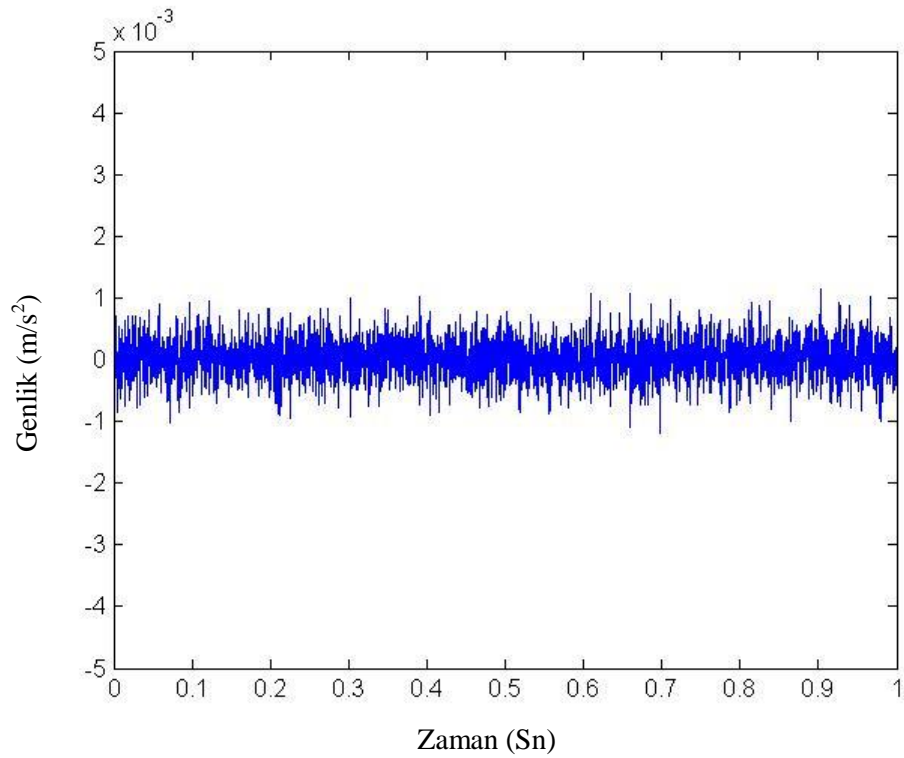
**Şekil 4.25.** 120. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



**Şekil 4.26.** 120. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı



Şekil 4.27. 130. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı

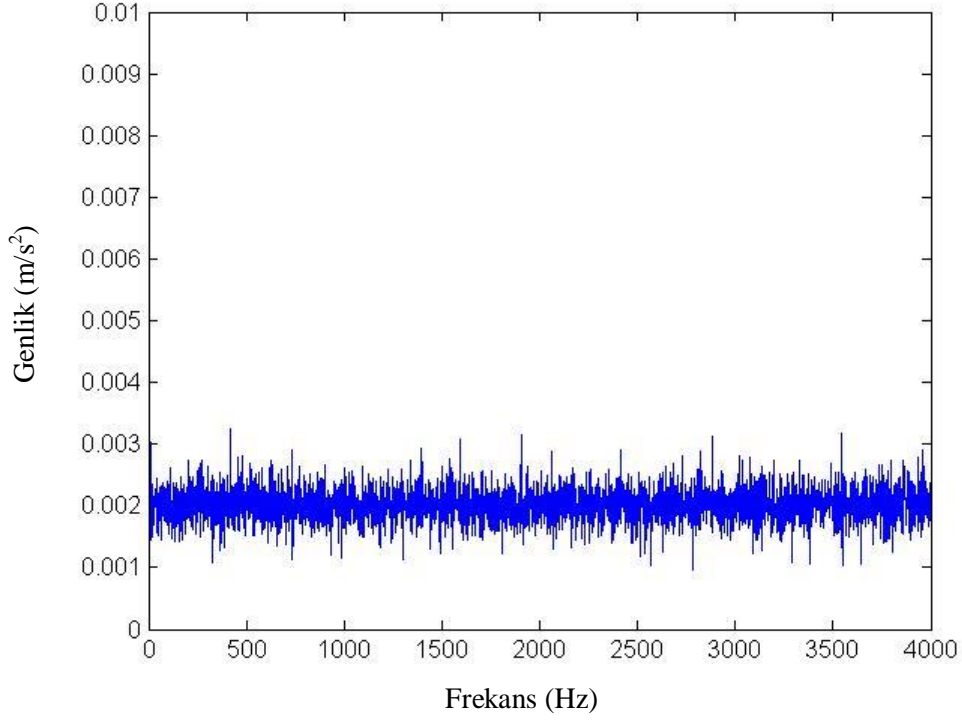


Şekil 4.28. 130. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı

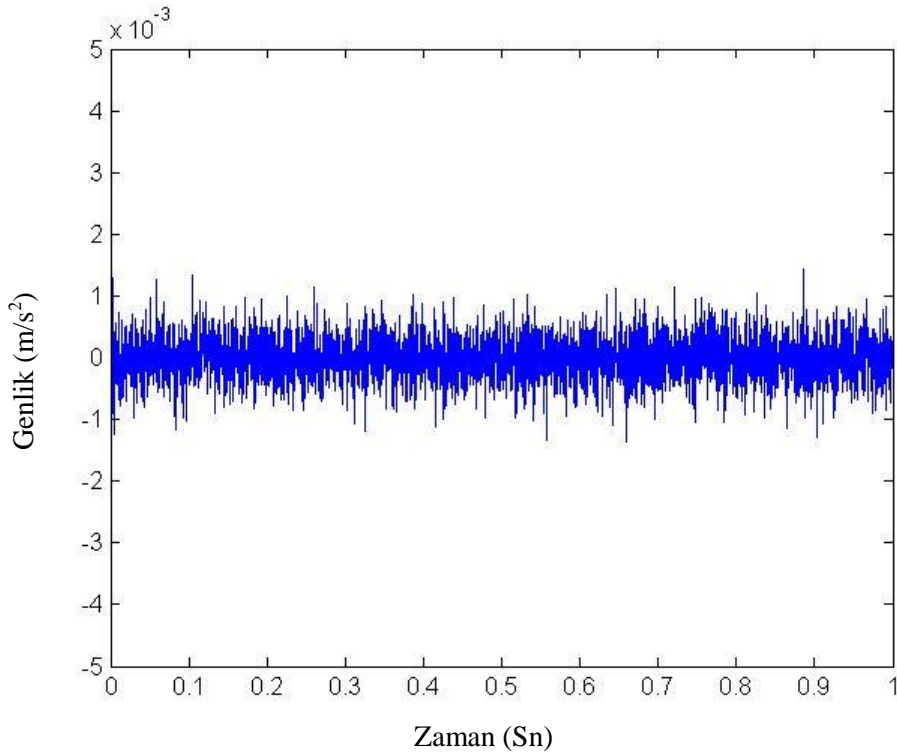


#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

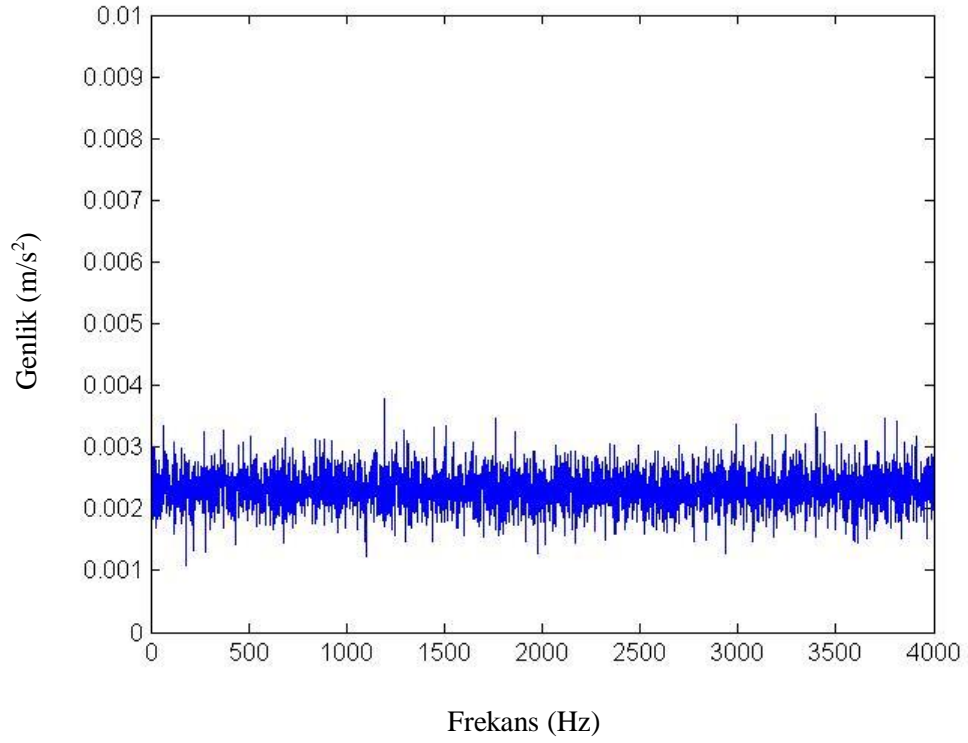
---



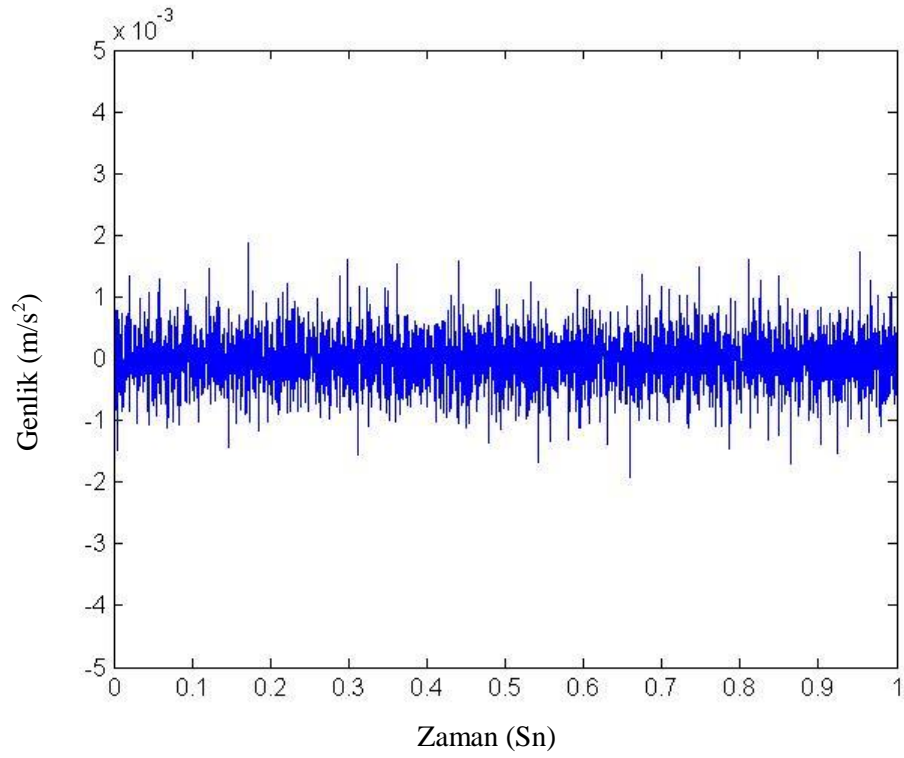
**Şekil 4.29.** 140. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



**Şekil 4.30.** 140. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı



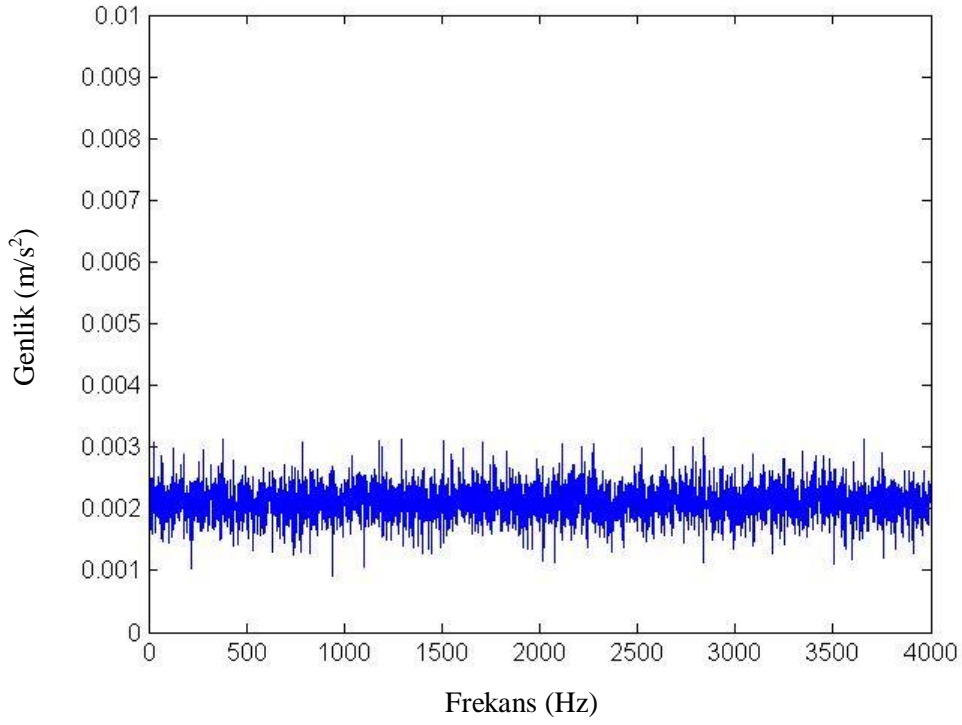
Şekil 4.31. 150. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



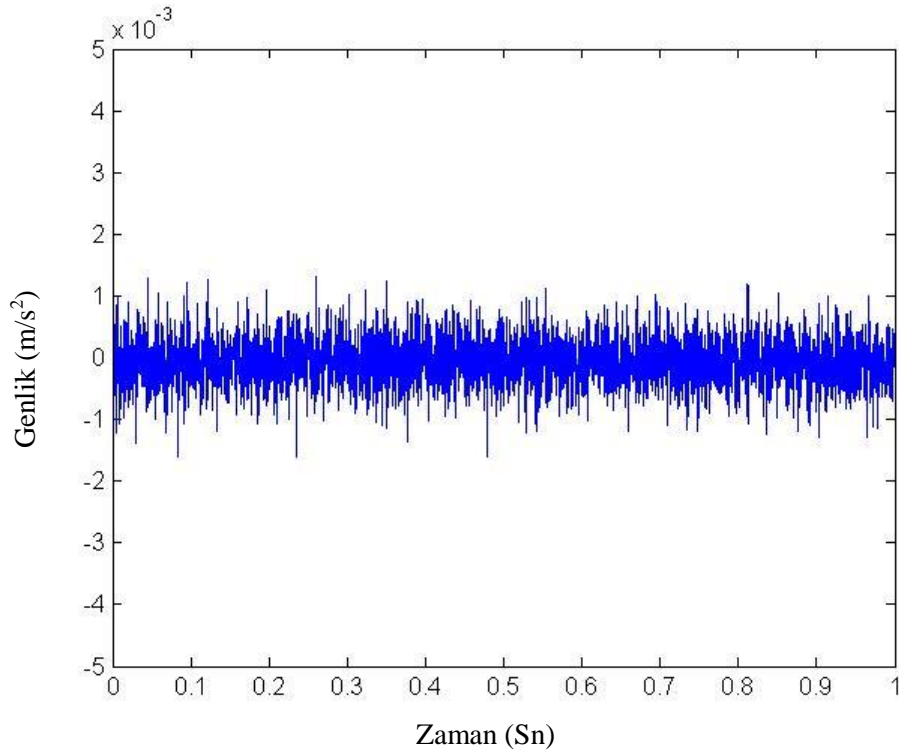
Şekil 4.32. 150. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

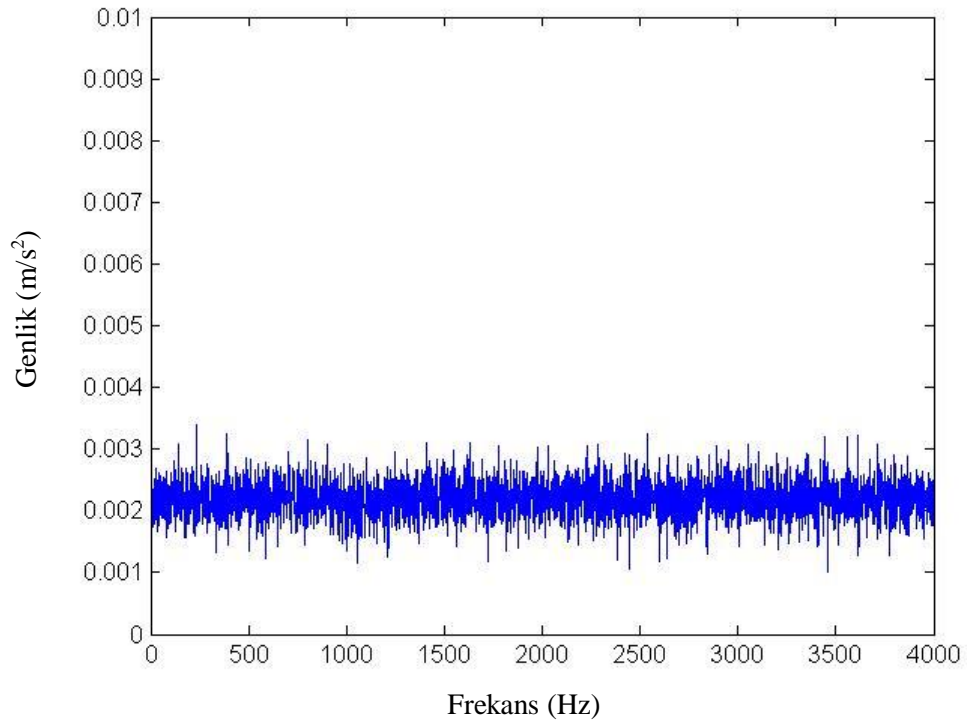
---



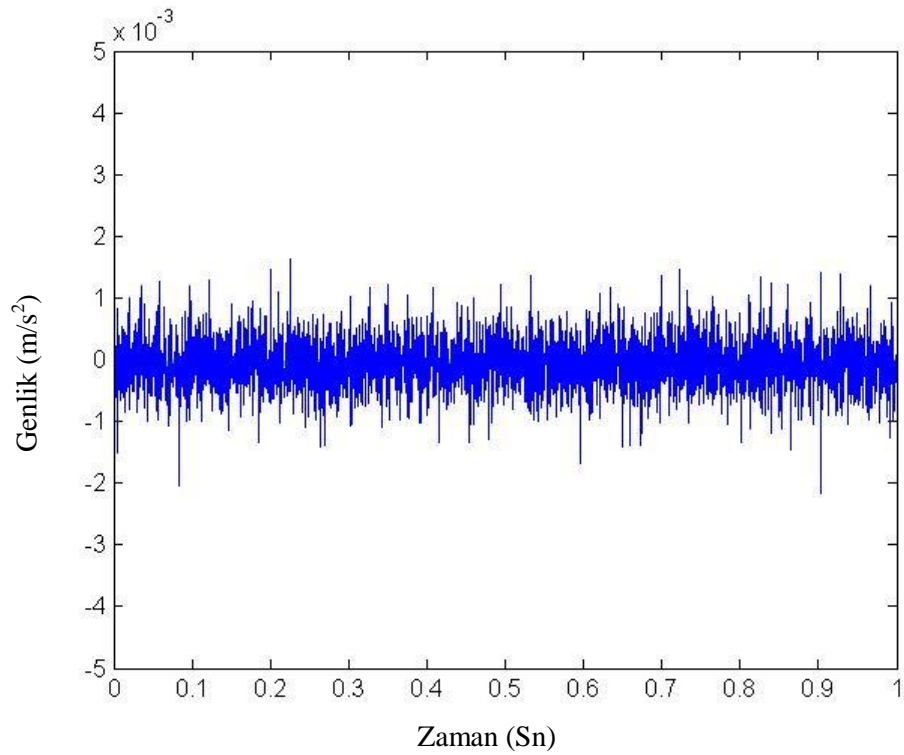
**Şekil 4.33.** 160. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



**Şekil 4.34.** 160. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı



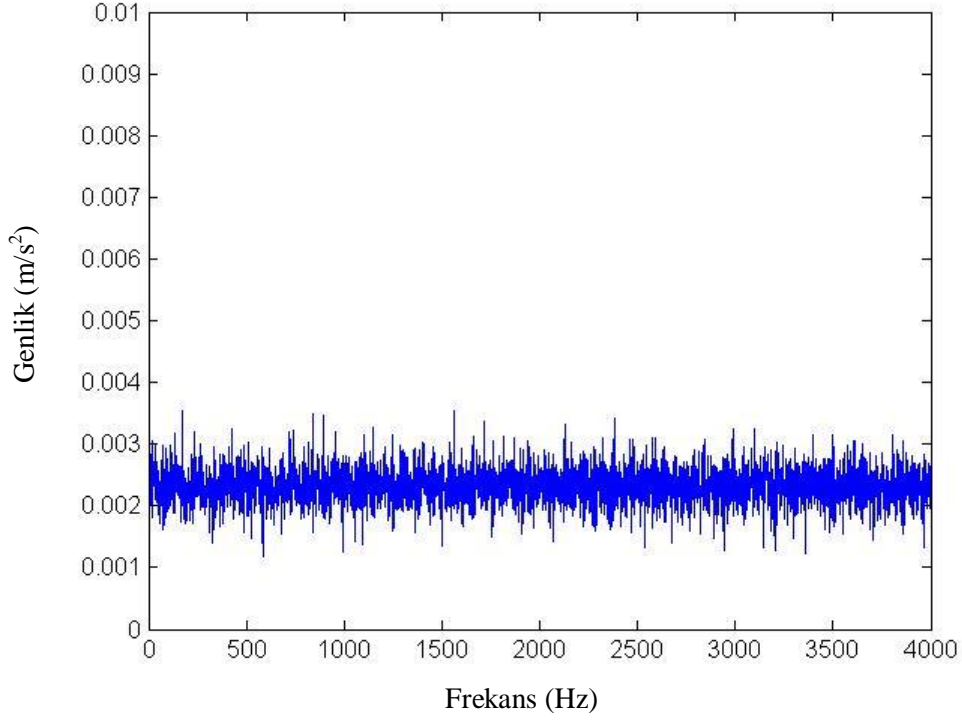
Şekil 4.35. 170. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



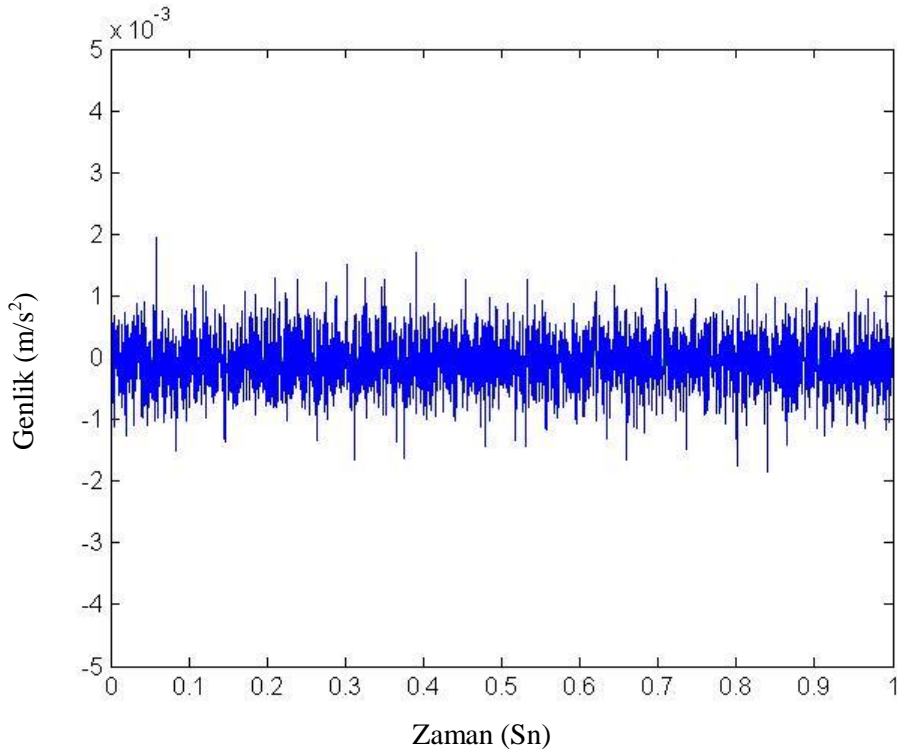
Şekil 4.36. 170. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

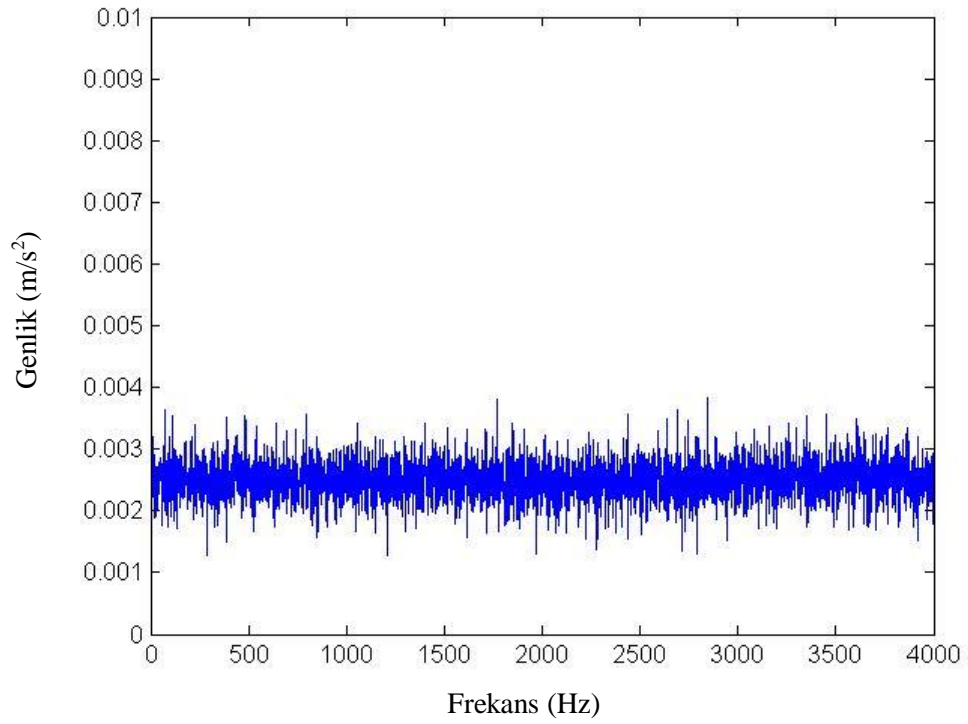
---



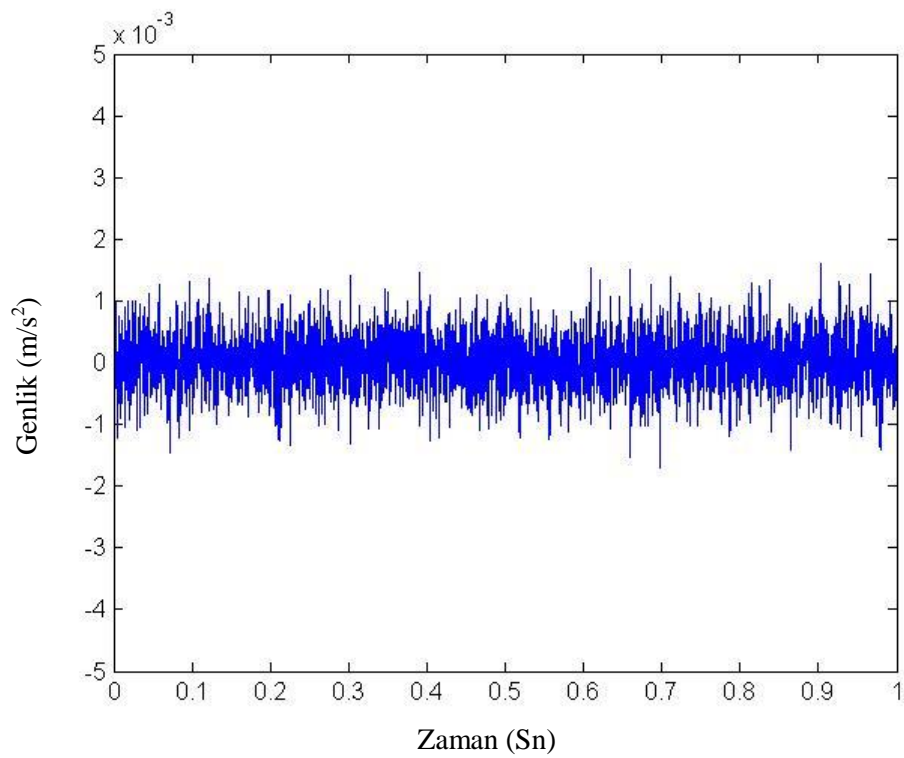
**Şekil 4.37.** 180. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



**Şekil 4.38.** 180. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı



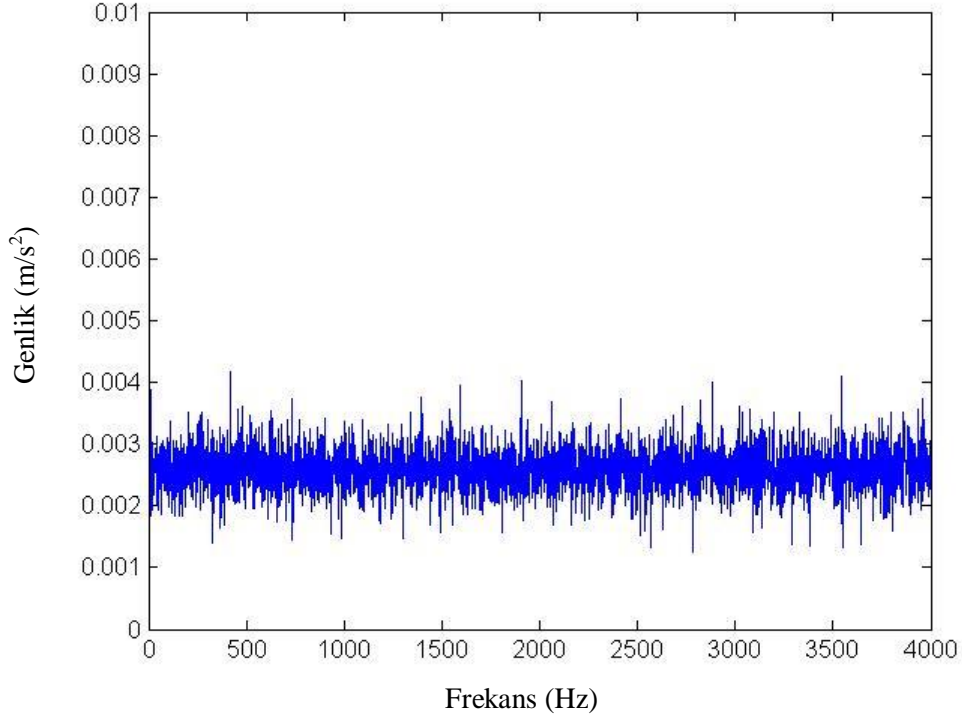
Şekil 4.39. 190. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



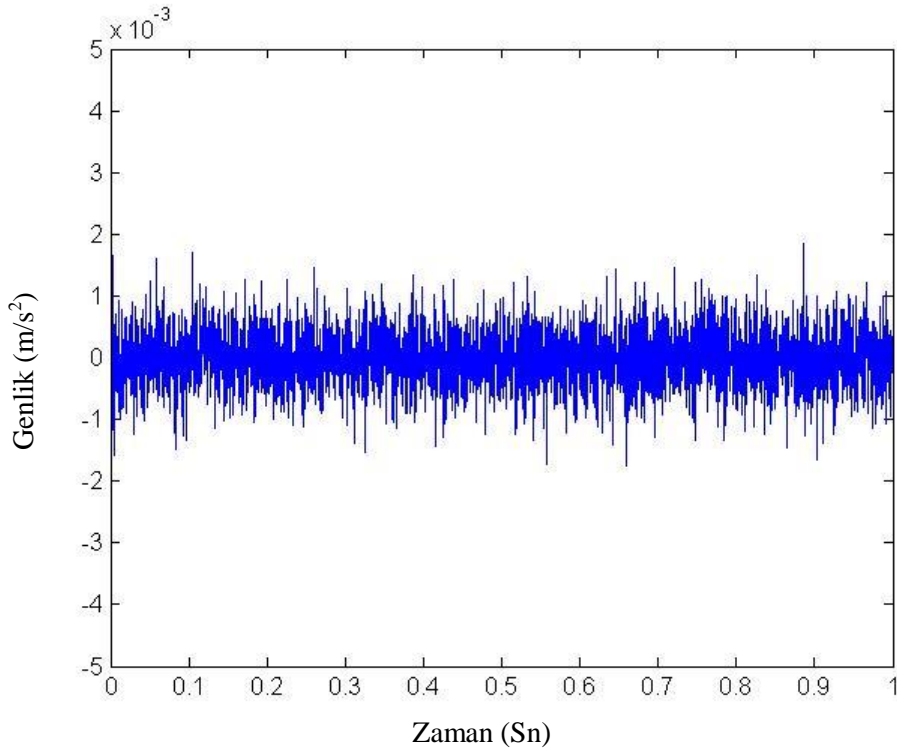
Şekil 4.40. 190. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

---

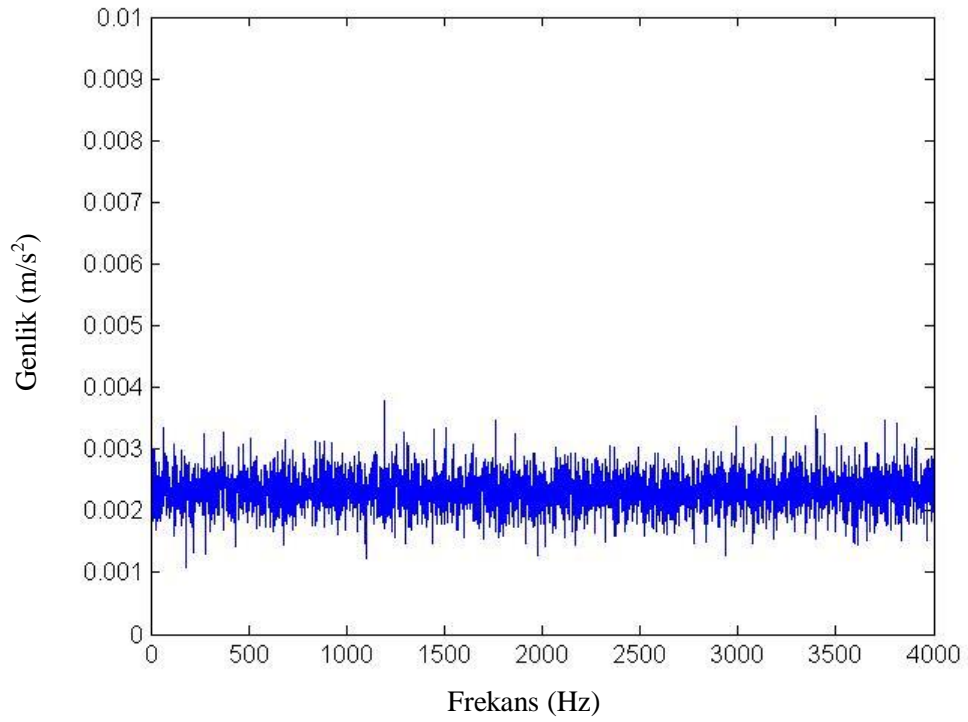


**Şekil 4.41.** 200. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı

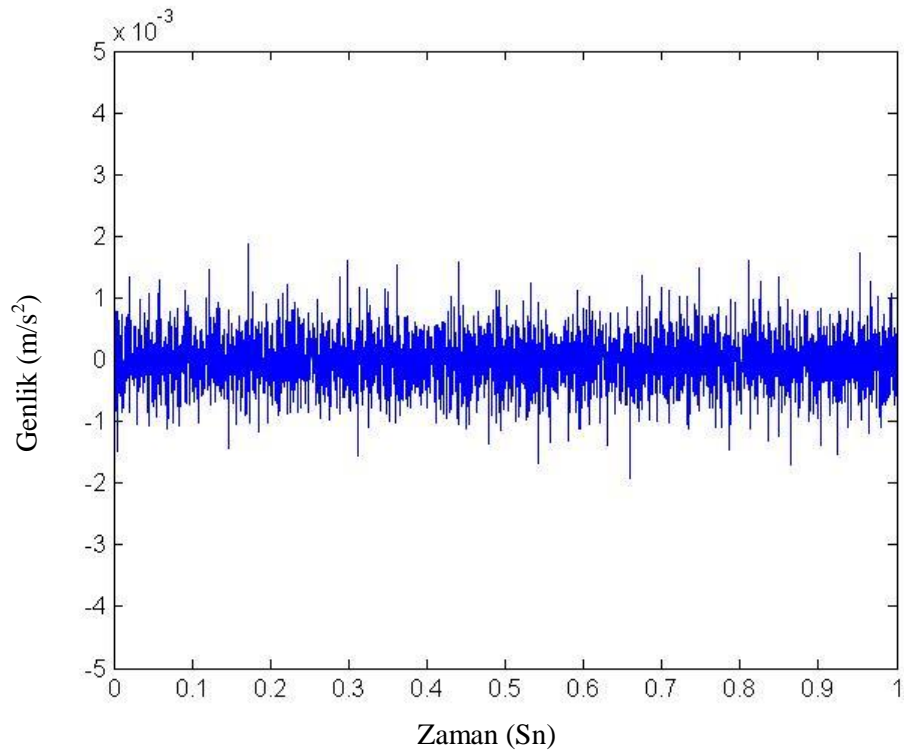


**Şekil 4.42.** 200. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı





Şekil 4.43. 210. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı

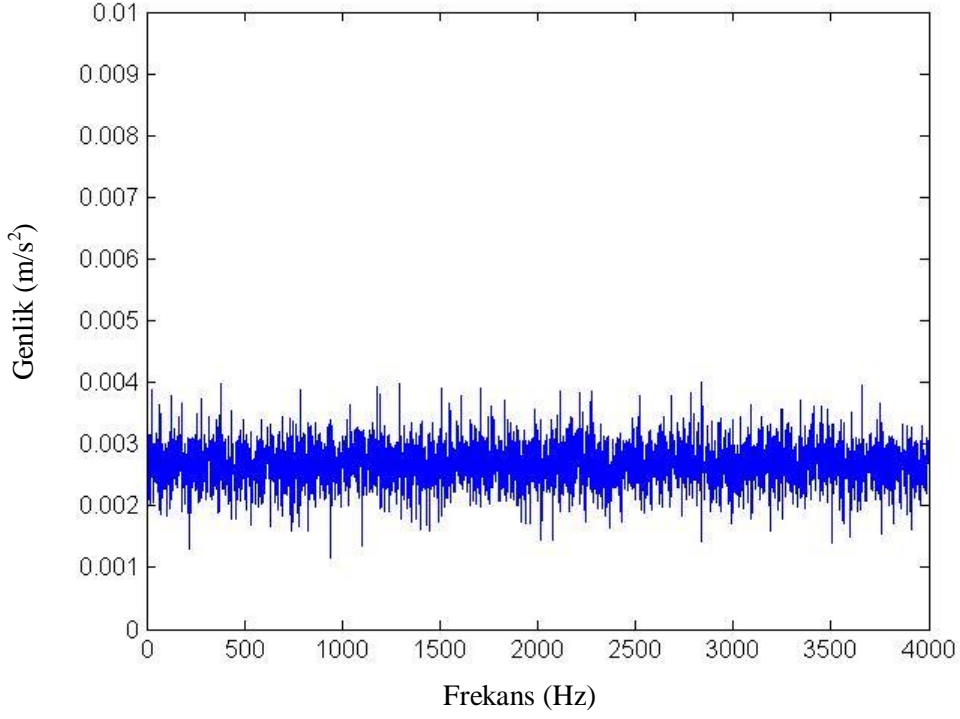


Şekil 4.44. 210. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı

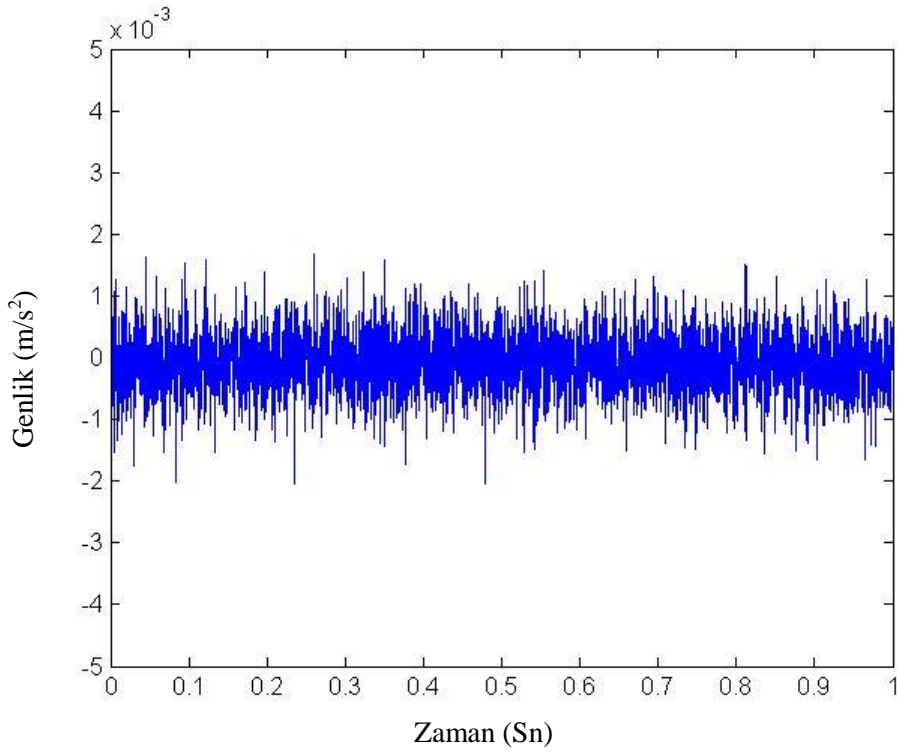


#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

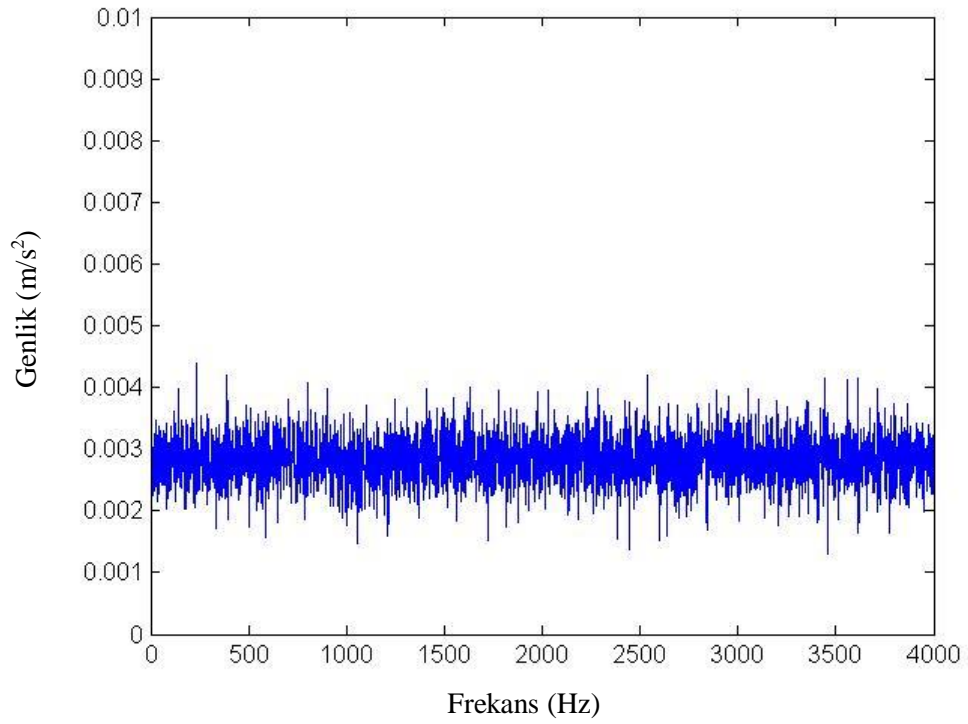
---



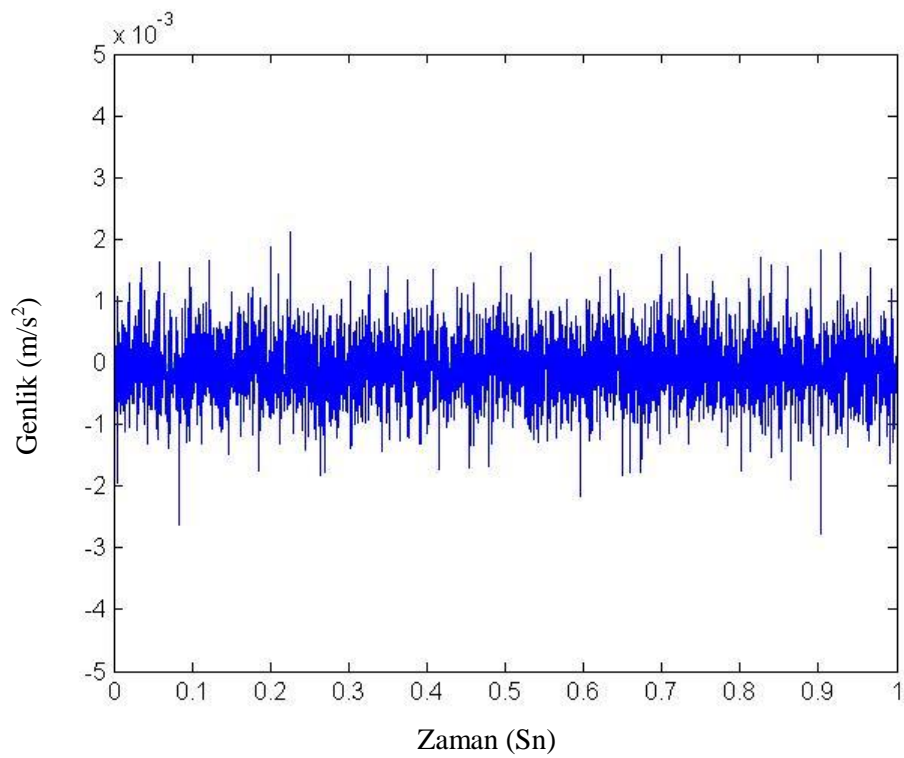
**Şekil 4.45.** 220. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



**Şekil 4.46.** 220. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı



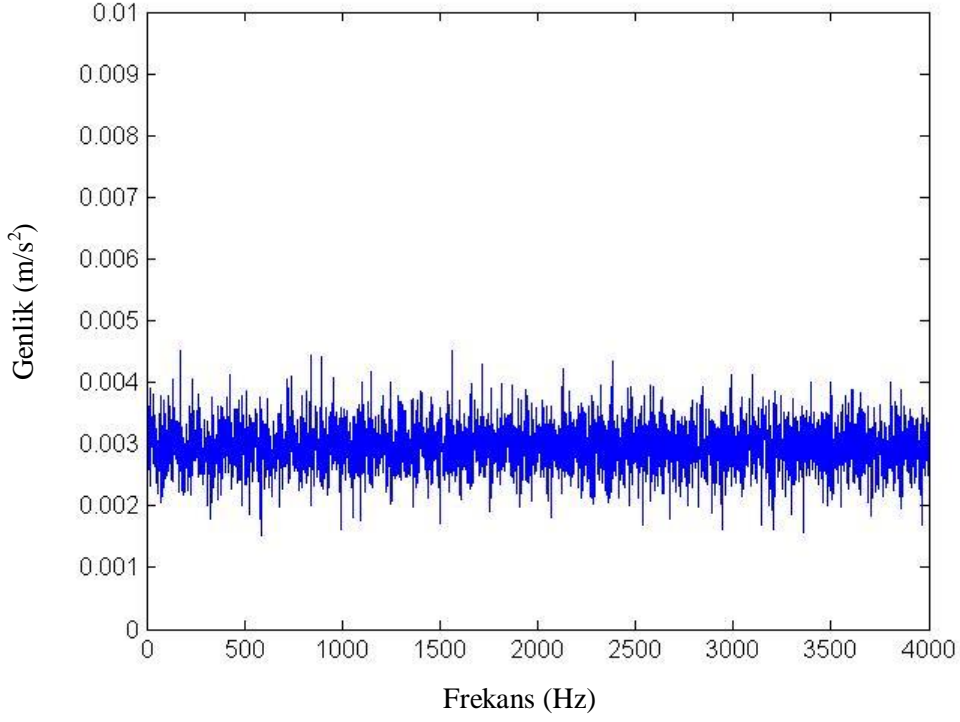
Şekil 4.47. 230. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



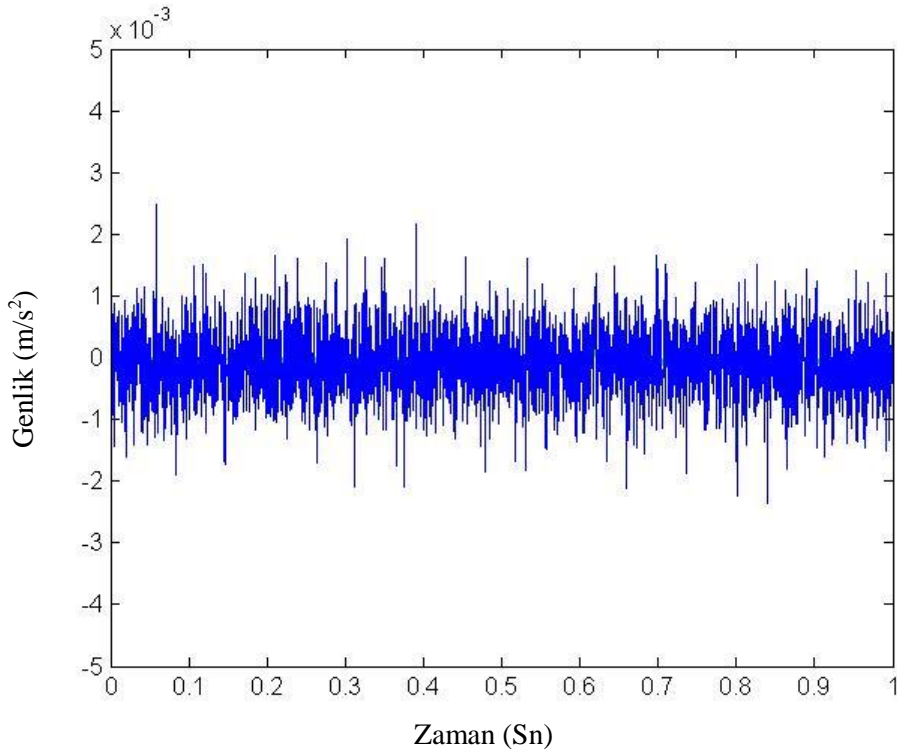
Şekil 4.48. 230. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

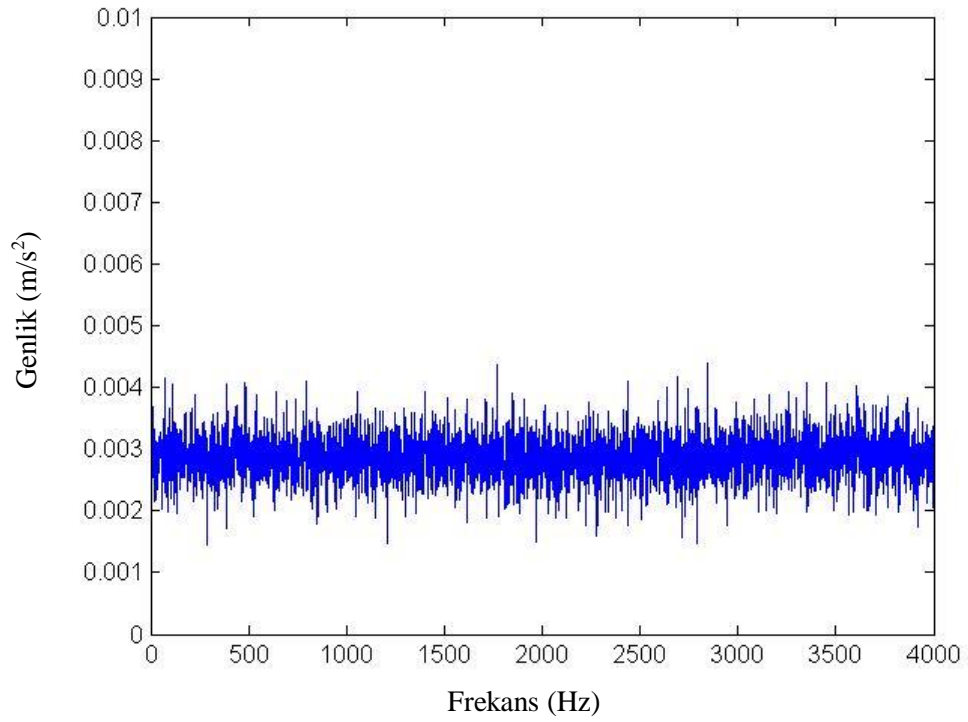
---



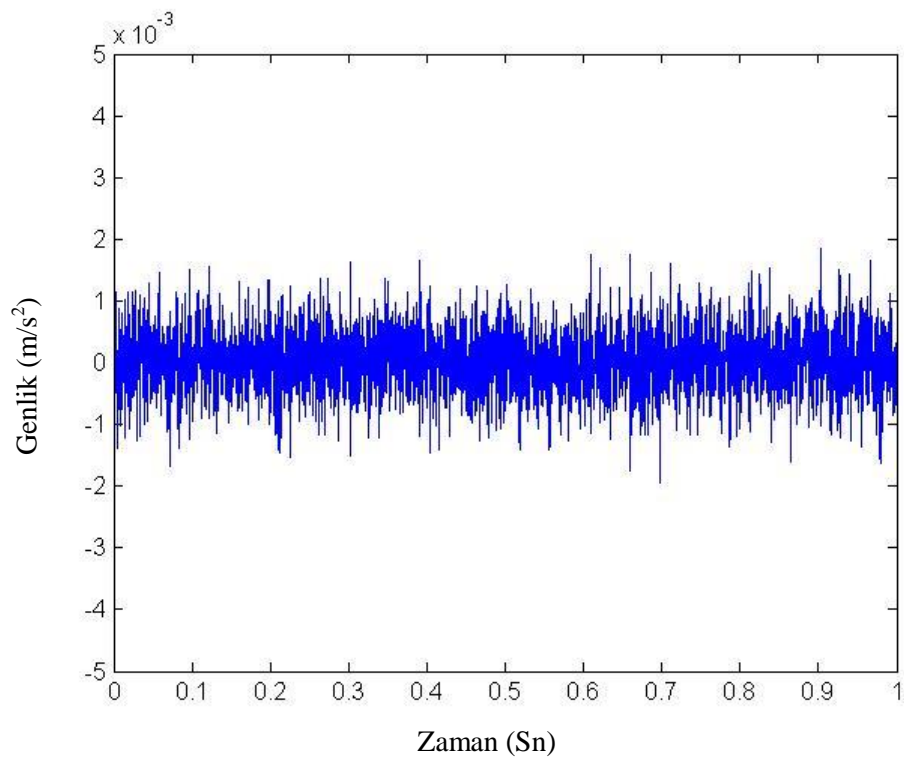
**Şekil 4.49.** 240. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



**Şekil 4.50.** 240. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı



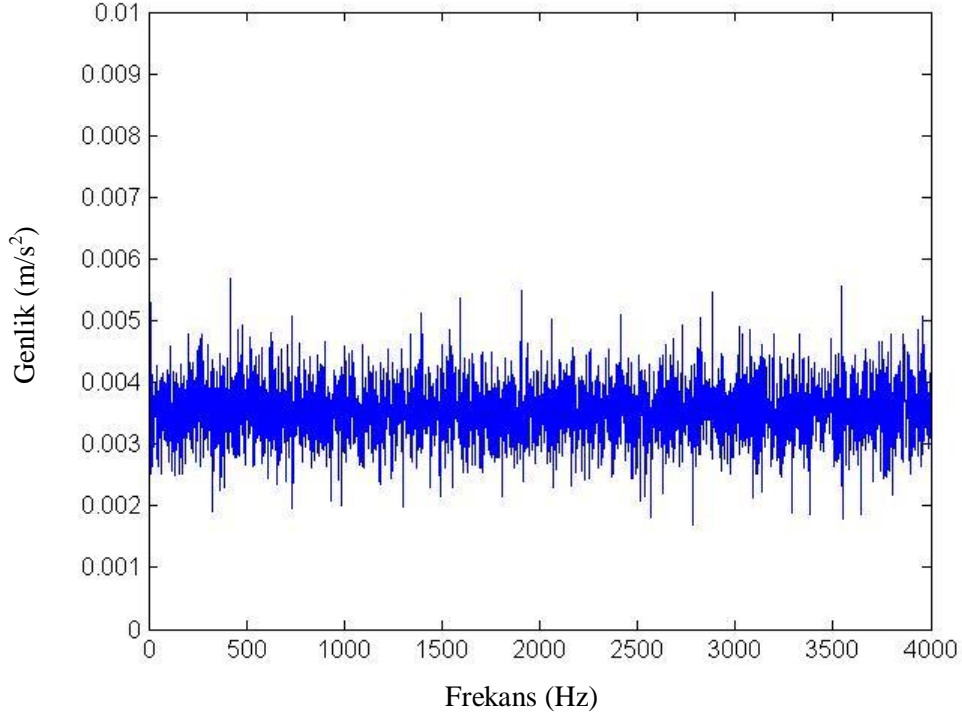
Şekil 4.51. 250. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



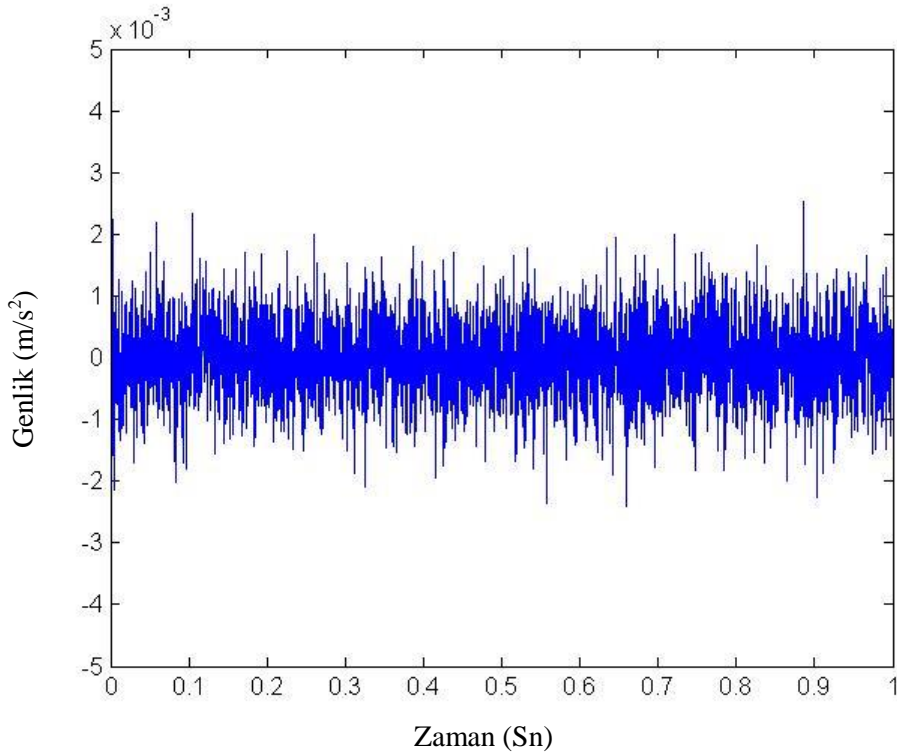
Şekil 4.52. 250. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

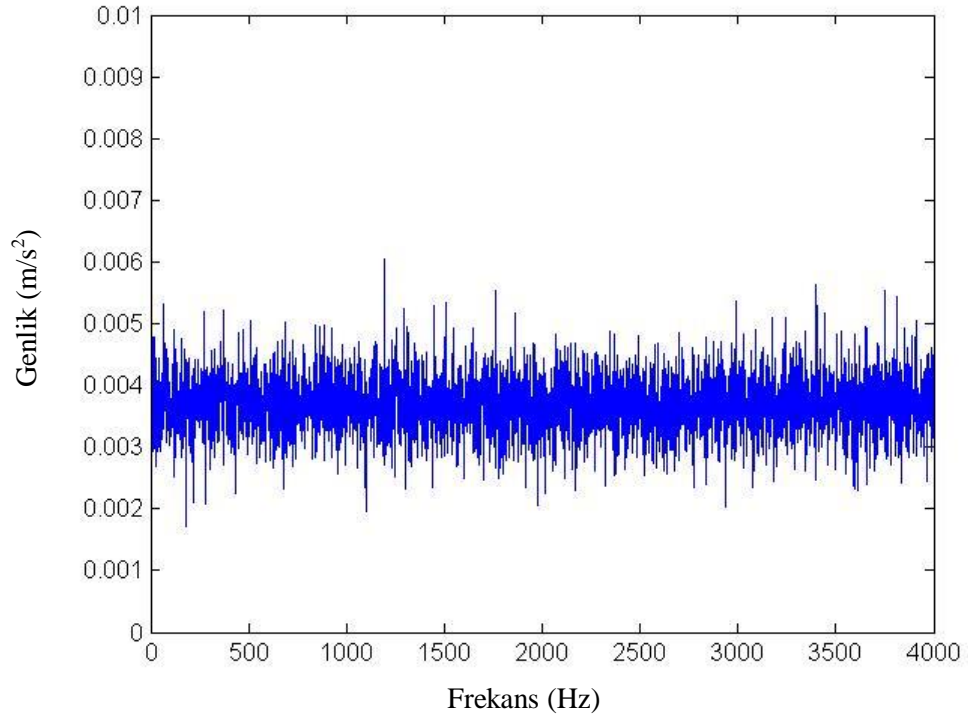
---



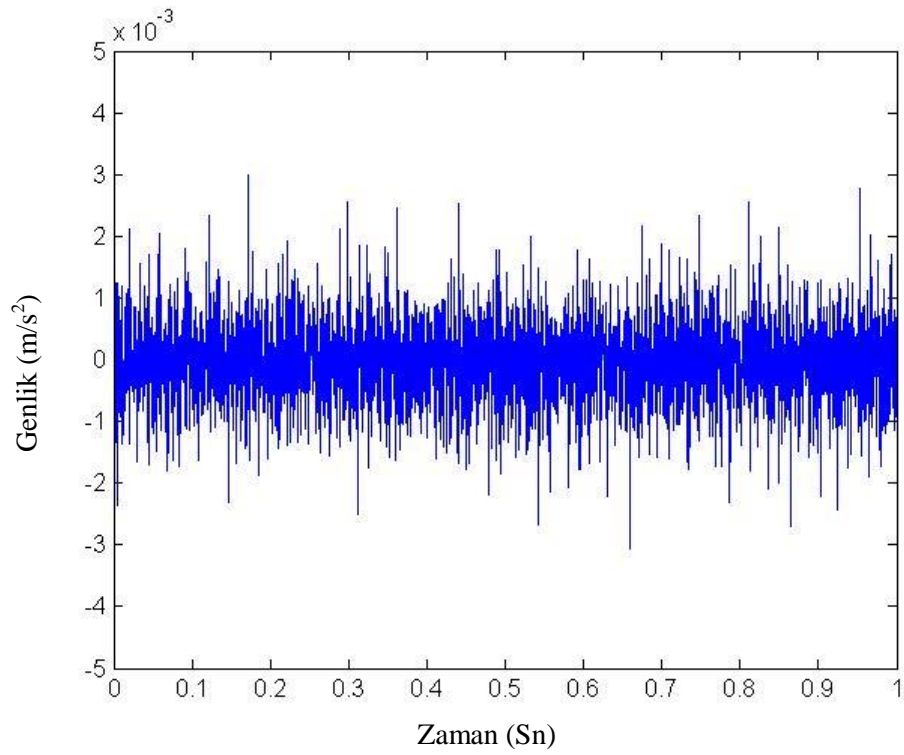
**Şekil 4.53.** 260. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



**Şekil 4.54.** 260. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı



Şekil 4.55. 270. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı

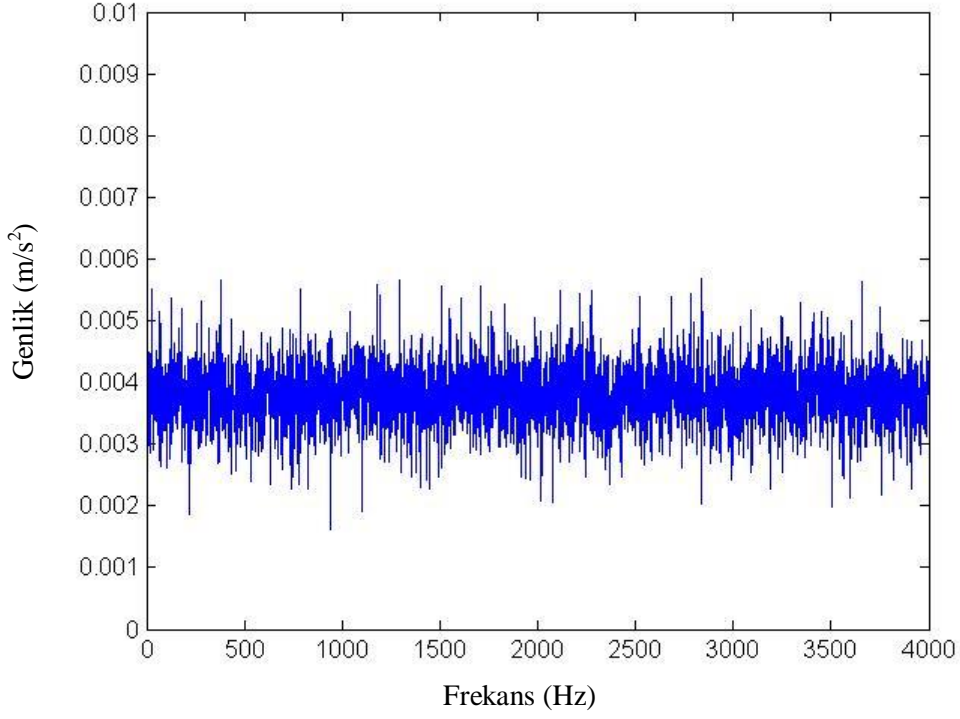


Şekil 4.56. 270. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı

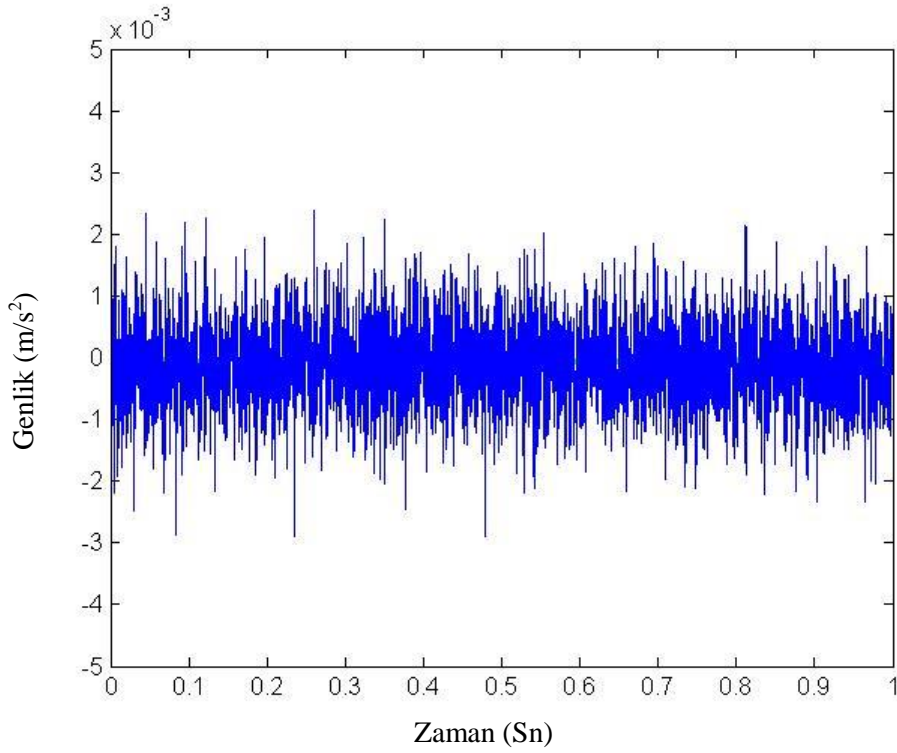


#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

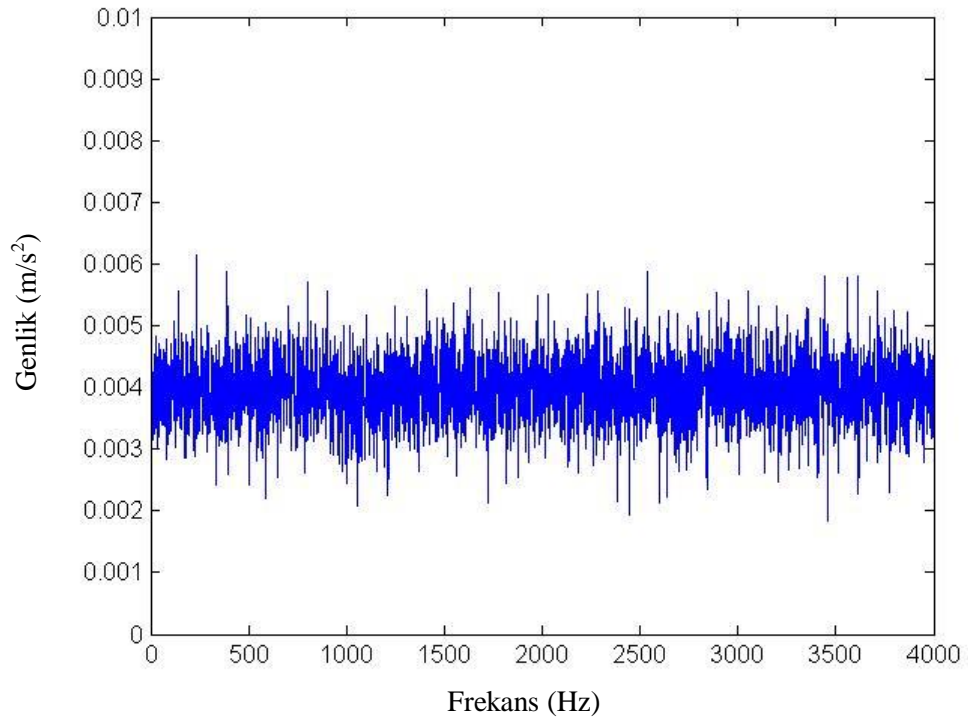
---



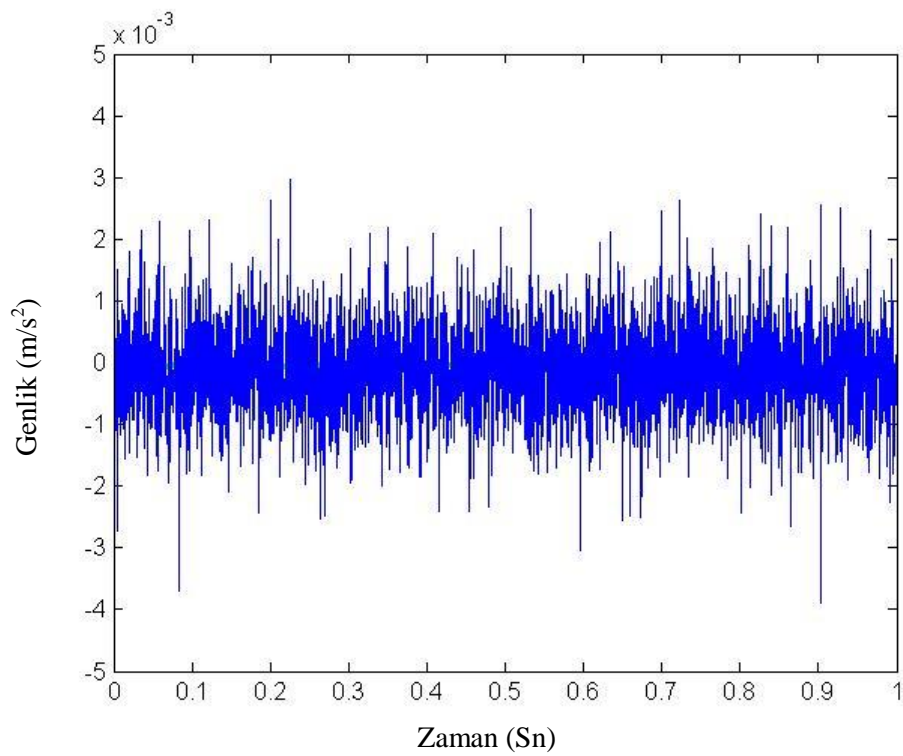
Şekil 4.57. 280. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



Şekil 4.58. 280. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı



Şekil 4.59. 290. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı

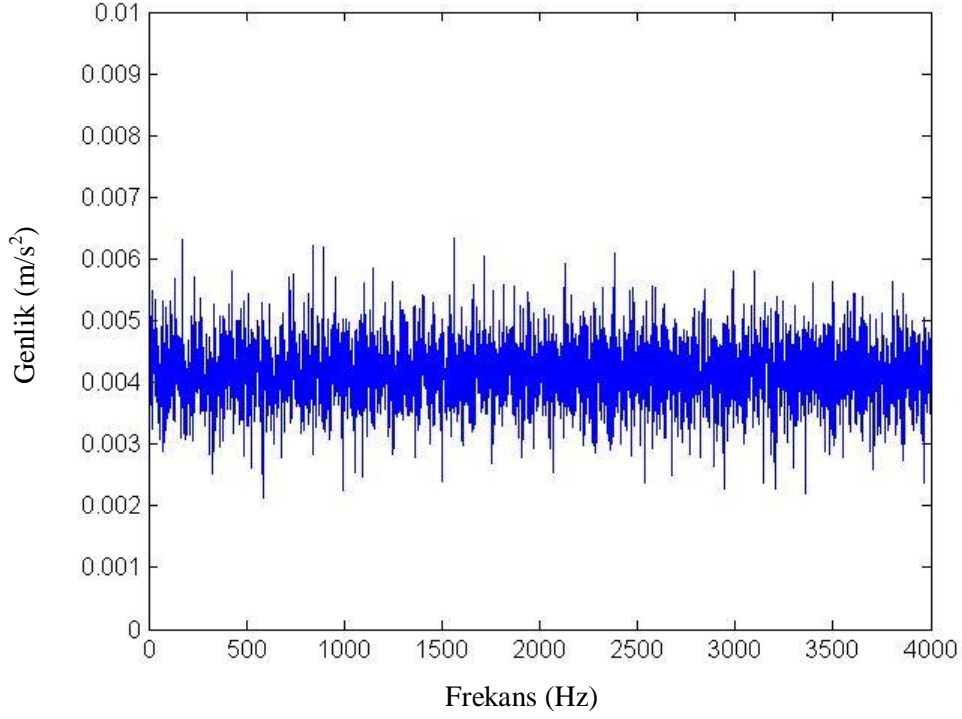


Şekil 4.60. 290. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı

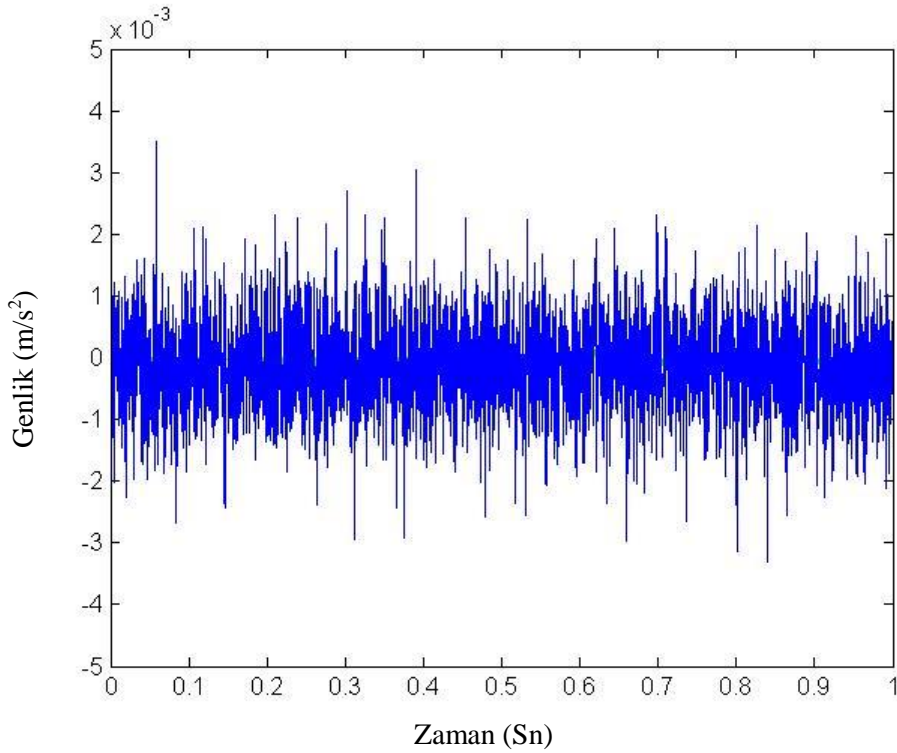


#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

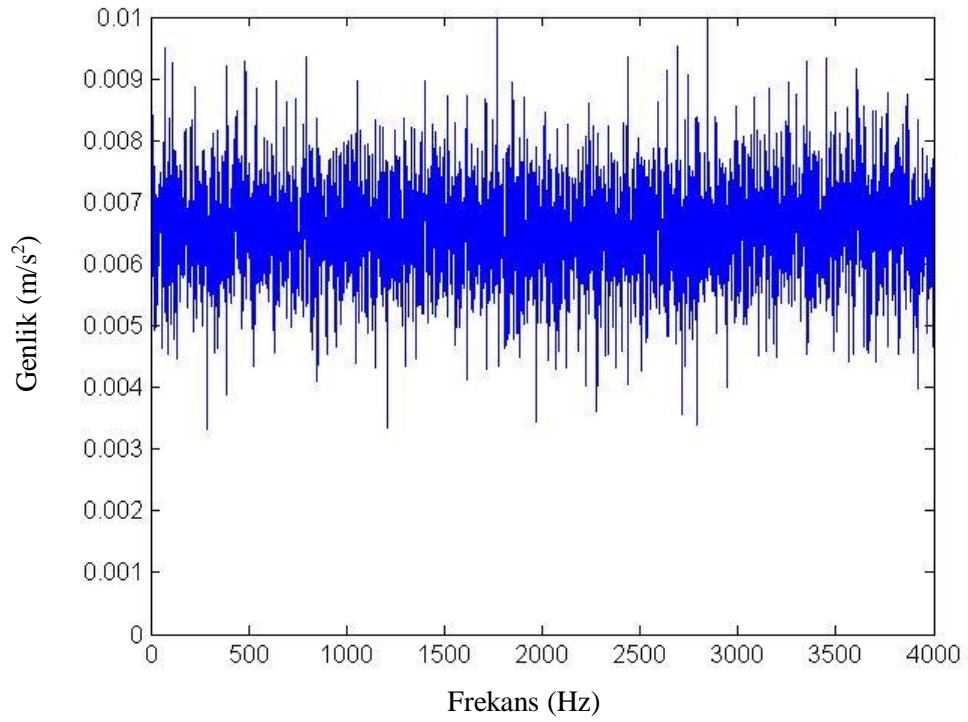
---



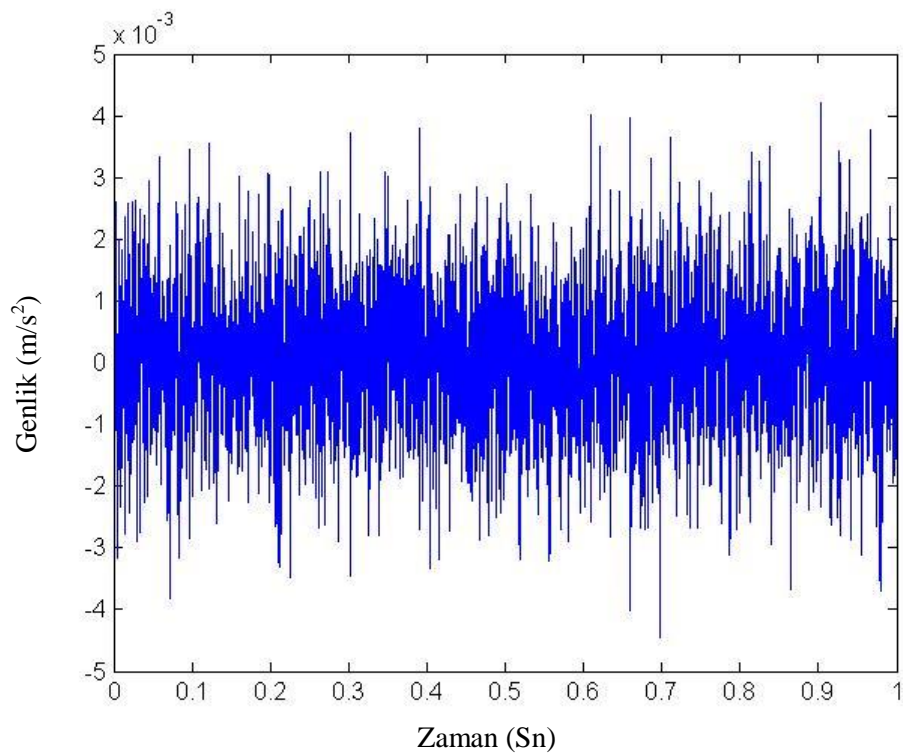
**Şekil 4.61.** 300. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



**Şekil 4.62.** 300. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı



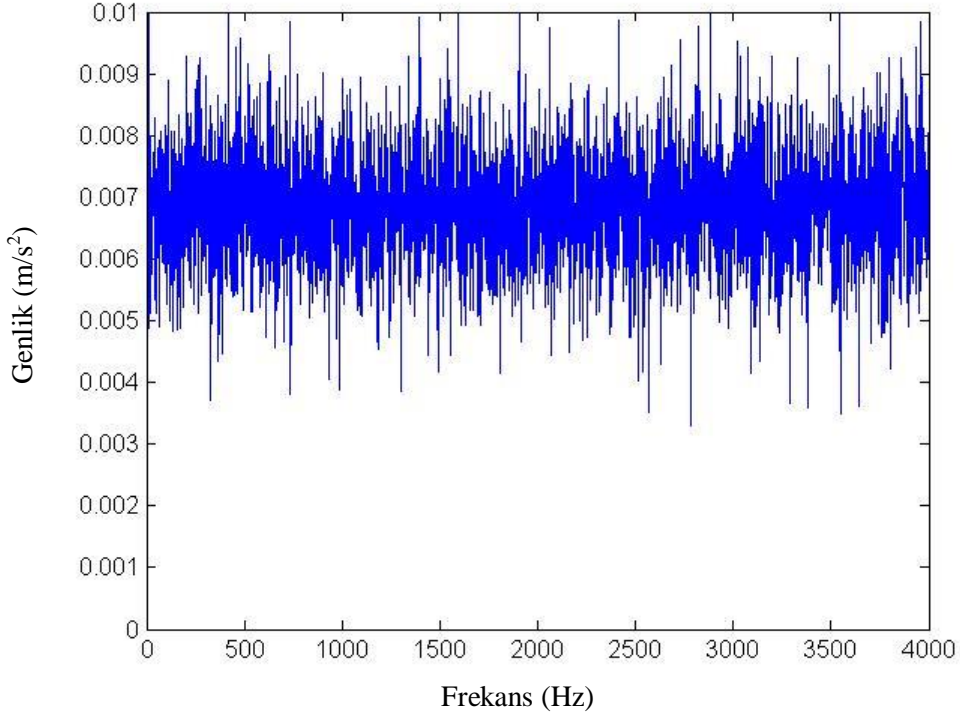
Şekil 4.63. 310. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



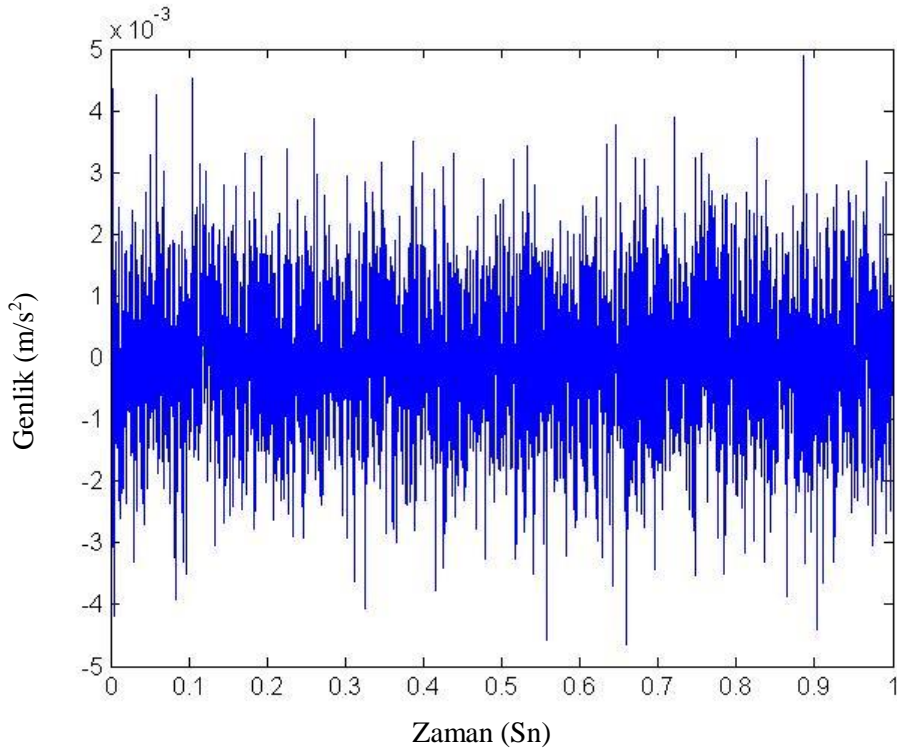
Şekil 4.64. 310. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

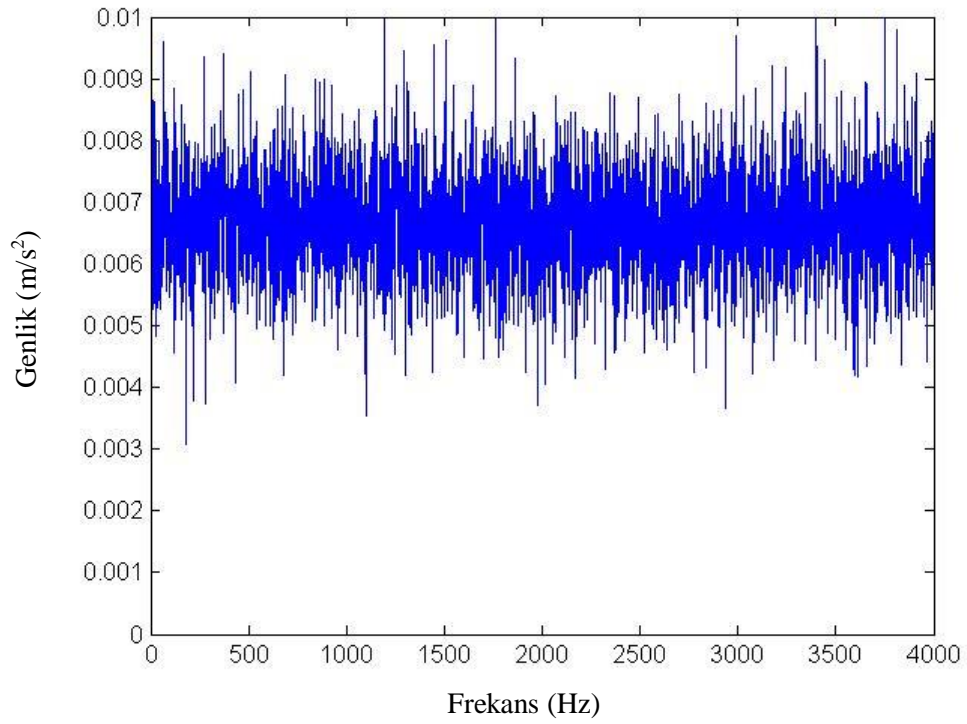
---



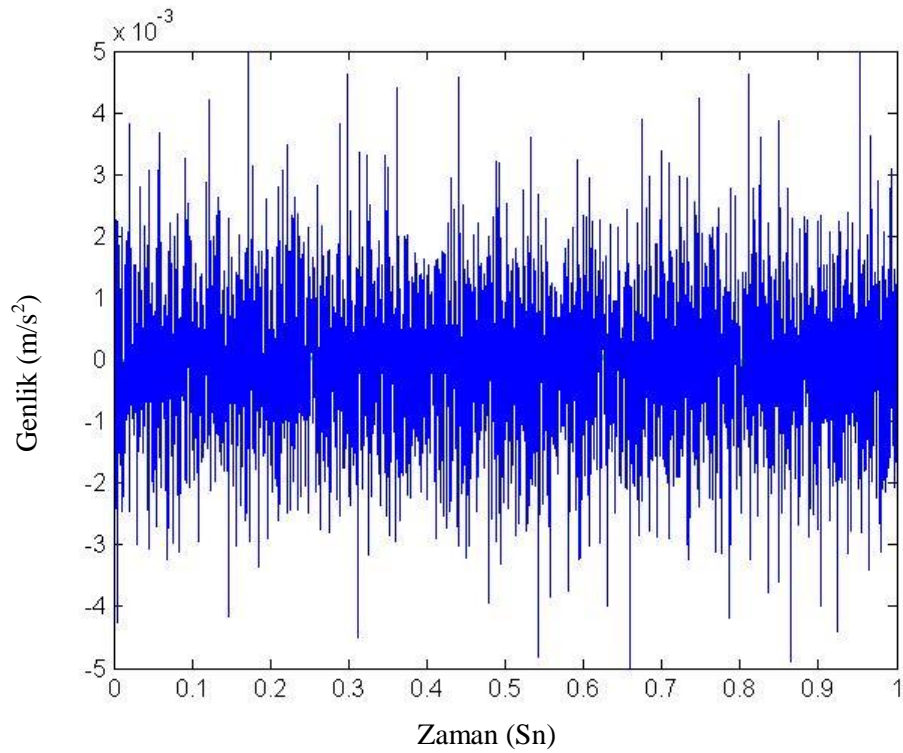
**Şekil 4.65.** 320. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



**Şekil 4.66.** 320. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı



Şekil 4.67. 330. Ölçüm İçin Frekans ve Genlik Cevabı



Şekil 4.68. 330. Ölçüm İçin Zaman ve Genlik Cevabı

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

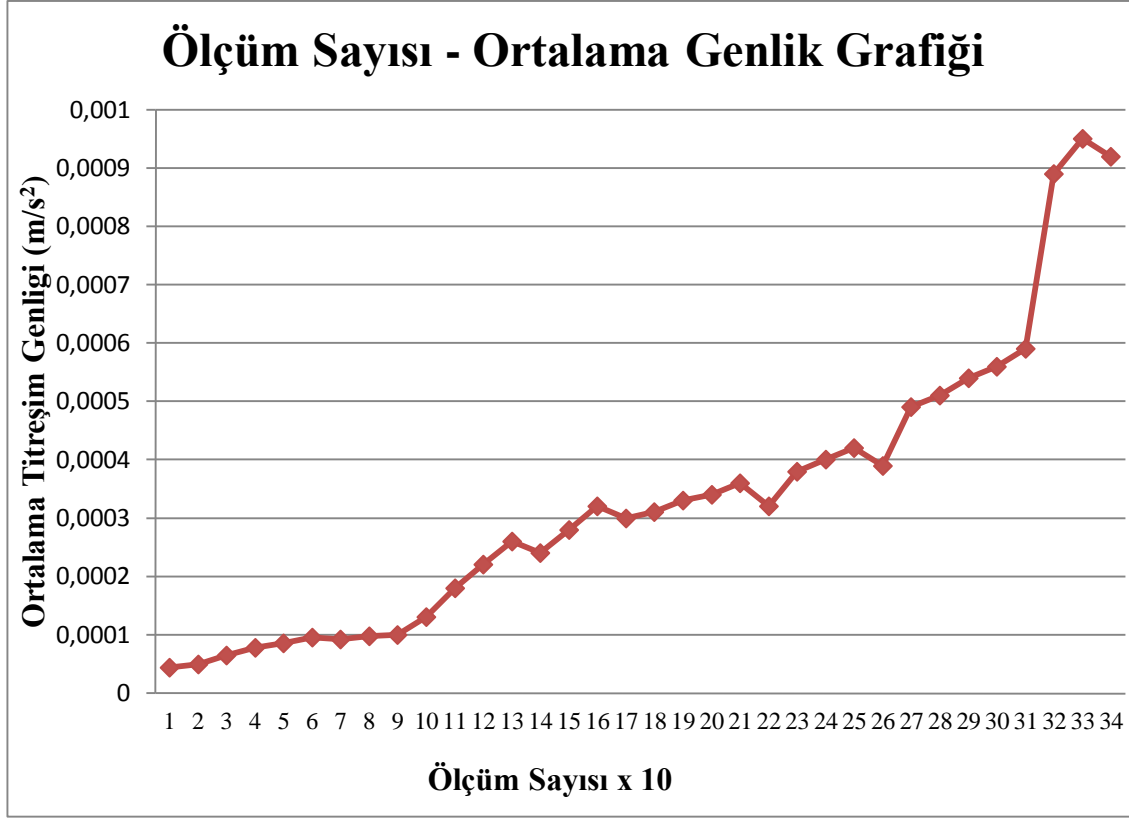
Ölçüm Sayısı	Minimum Genlik(m/s <sup>2</sup> )	Maksimum Genlik(m/s <sup>2</sup> )
1	1,3264x10 <sup>-4</sup>	4,8572x10 <sup>-4</sup>
10	1,4295x10 <sup>-4</sup>	5,7963x10 <sup>-4</sup>
20	1,8694x10 <sup>-4</sup>	7,6285,x10 <sup>-4</sup>
30	2,3789x10 <sup>-4</sup>	9,4211x10 <sup>-4</sup>
40	2,4615x10 <sup>-4</sup>	9,6843x10 <sup>-4</sup>
50	3,1008x10 <sup>-4</sup>	10,7374x10 <sup>-4</sup>
60	2,7734x10 <sup>-4</sup>	10,1559x10 <sup>-4</sup>
70	2,8591x10 <sup>-4</sup>	11,5925x10 <sup>-4</sup>
80	2,8762x10 <sup>-4</sup>	11,7320x10 <sup>-4</sup>
90	3,9550x10 <sup>-4</sup>	15,7019x10 <sup>-4</sup>
100	5,1521x10 <sup>-4</sup>	20,2696x10 <sup>-4</sup>
110	7,1810x10 <sup>-4</sup>	24,8655x10 <sup>-4</sup>
120	7,8378x10 <sup>-4</sup>	28,7016x10 <sup>-4</sup>
130	7,0020x10 <sup>-4</sup>	28,3898x10 <sup>-4</sup>
140	8,0532x10 <sup>-4</sup>	32,8497x10 <sup>-4</sup>
150	9,7352x10 <sup>-4</sup>	38,6509x10 <sup>-4</sup>
160	8,5869x10 <sup>-4</sup>	33,7827x10 <sup>-4</sup>
170	10,1187x10 <sup>-4</sup>	35,0377x10 <sup>-4</sup>
180	10,7715x10 <sup>-4</sup>	36,4290x10 <sup>-4</sup>
190	9,9195x10 <sup>-4</sup>	40,2189x10 <sup>-4</sup>
200	10,354x10 <sup>-4</sup>	42,2354x10 <sup>-4</sup>
210	9,7352x10 <sup>-4</sup>	38,6509x10 <sup>-4</sup>
220	10,876x10 <sup>-4</sup>	42,7914x10 <sup>-4</sup>
230	13,056x10 <sup>-4</sup>	45,2138x10 <sup>-4</sup>
240	12,6611x10 <sup>-4</sup>	46,3641x10 <sup>-4</sup>
250	11,3782x10 <sup>-4</sup>	46,1334x10 <sup>-4</sup>
260	14,0930x10 <sup>-4</sup>	57,4870x10 <sup>-4</sup>
270	15,5156x10 <sup>-4</sup>	61,5998x10 <sup>-4</sup>
280	15,4563x10 <sup>-4</sup>	60,8089x10 <sup>-4</sup>
290	18,2789x10 <sup>-4</sup>	63,2940x10 <sup>-4</sup>
300	17,7858x10 <sup>-4</sup>	65,1306x10 <sup>-4</sup>
310	25,9657x10 <sup>-4</sup>	105,2789x10 <sup>-4</sup>
320	27,3232x10 <sup>-4</sup>	111,4544x10 <sup>-4</sup>
330	27,9889x10 <sup>-4</sup>	111,1213x10 <sup>-4</sup>

Çizelge 4.1. Ölçüm Sayısına Göre Minimum ve Maksimum Titreşim Genlik Miktarları

<b>Ölçüm Sayısı</b>	<b>Ortalama Genlik(m/s<sup>2</sup>)</b>
1	0,000044
10	0,000049
20	0,000065
30	0,000078
40	0,000086
50	0,000095
60	0,000092
70	0,000098
80	0,00010
90	0,00013
100	0,00018
110	0,00022
120	0,00026
130	0,00024
140	0,00028
150	0,00032
160	0,00030
170	0,00031
180	0,00033
190	0,00034
200	0,00036
210	0,00032
220	0,00038
230	0,00040
240	0,00042
250	0,00039
260	0,00049
270	0,00051
280	0,00054
290	0,00056
300	0,00059
310	0,00089
320	0,00095
330	0,00092

**Çizelge 4.2.** Ölçüm Sayısına Göre Ortalama Genlik Miktarları

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI



Şekil 4.69. Ölçüm Sayısına Göre Ortalama Genlik Grafiği

Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de genlik miktarının ölçüm sayısına bağlı olarak arttığı gözlenmiştir. Şekil 4.69’da ölçüm sayısının artması ile ortalama titreşim genliğinin arttığı görülmüştür. Delme işlemi sırasında kesici takımında aşınmalar meydana geldiği ve aşınmalar sonucunda da titreşimlerin oluştuğu daha önceki çalışmalarda ifade edilmiştir (El-Sinawi ve Kashani 2005), (Thomas ve ark. 1996), (Rahman ve ark 2001), (Toh 2004).

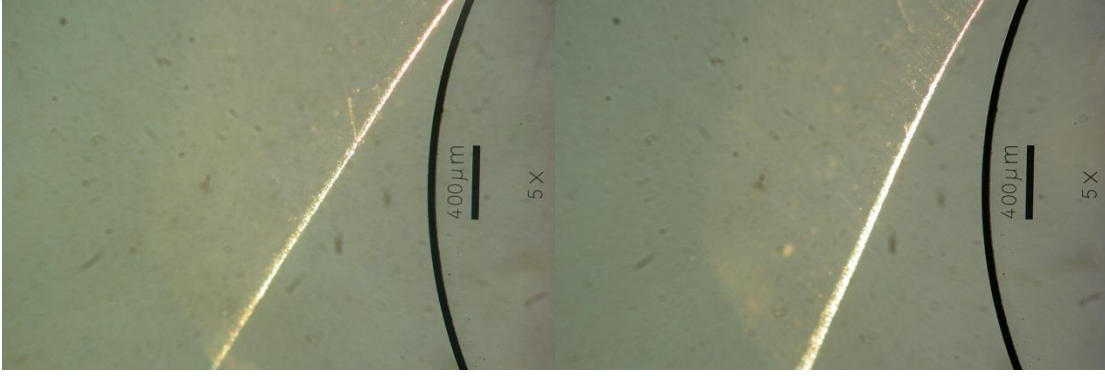
#### **4.2. Takım Aşınmasının Belirlenmesi**

Cam elyaf takviyeli kompozitin delinmesi sırasında oluşan takım aşınması optik mikroskop kullanılarak tespit edilmiştir. Mikroskop görüntüleri alındıktan sonra Şekil 4.102'de gösterildiği gibi mikroskop ölçeği kullanılarak takım aşınma miktarı belirlenmiştir. Delme sayısına bağlı olarak kesici takımda meydana gelen takım aşınmaları Şekil 4.70'ten 4.101'ye kadar olan kısımda verilmiştir.

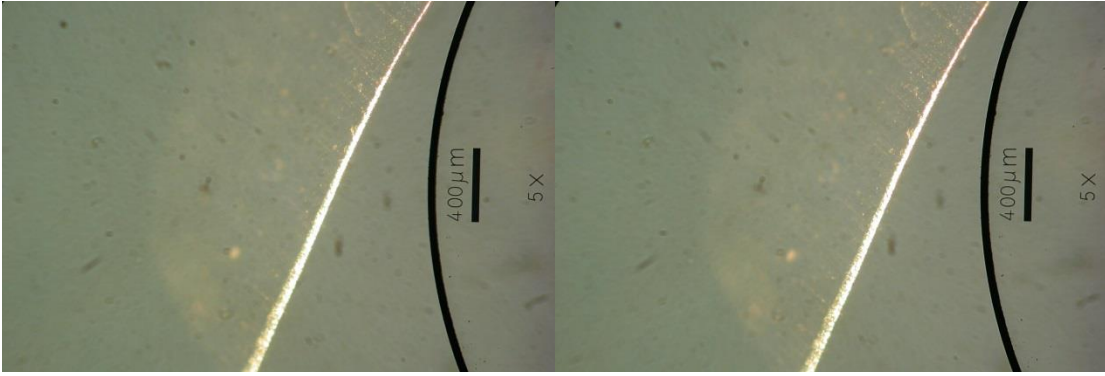


#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

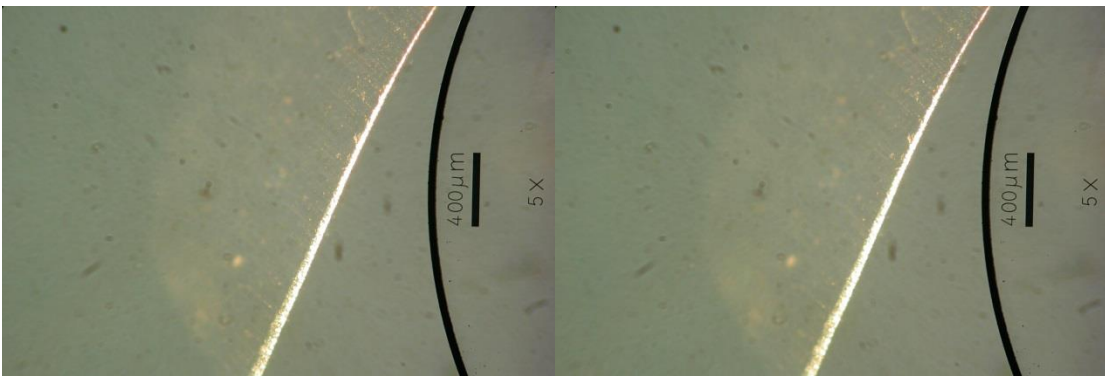
---



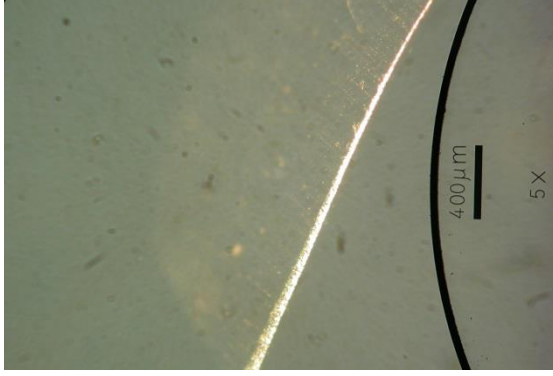
Şekil 4.70. 10. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım AŞınması



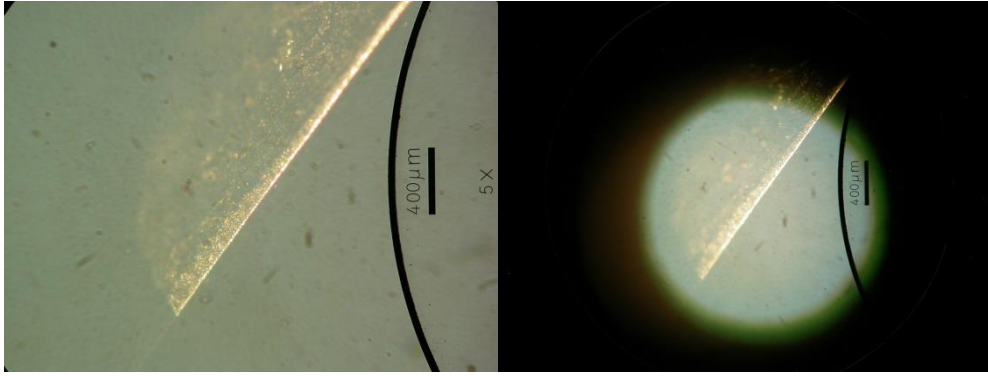
Şekil 4.71. 20. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım AŞınması



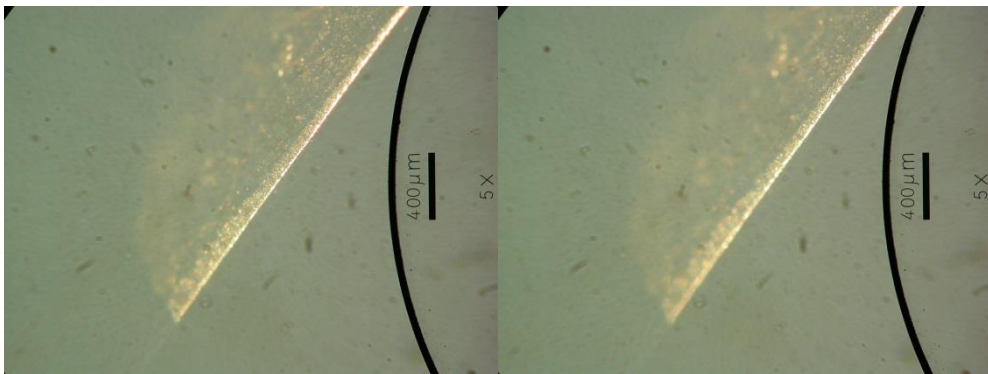
Şekil 4.72. 30. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım AŞınması



Şekil 4.73. 40. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması



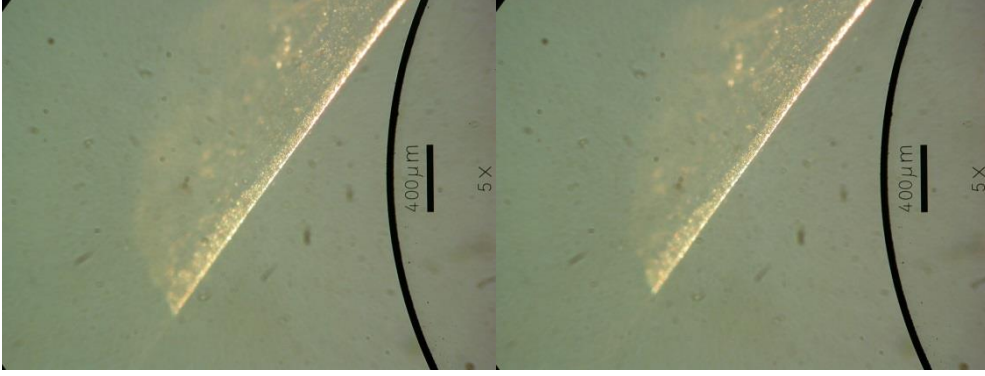
Şekil 4.74. 50. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması



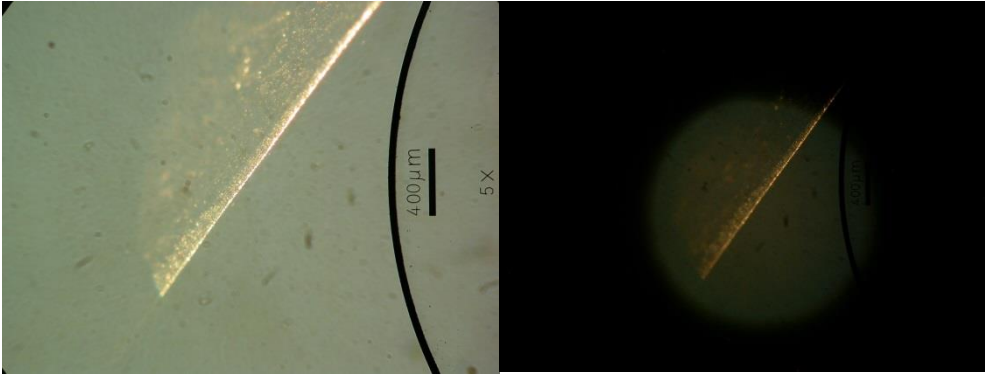
Şekil 4.75. 60. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

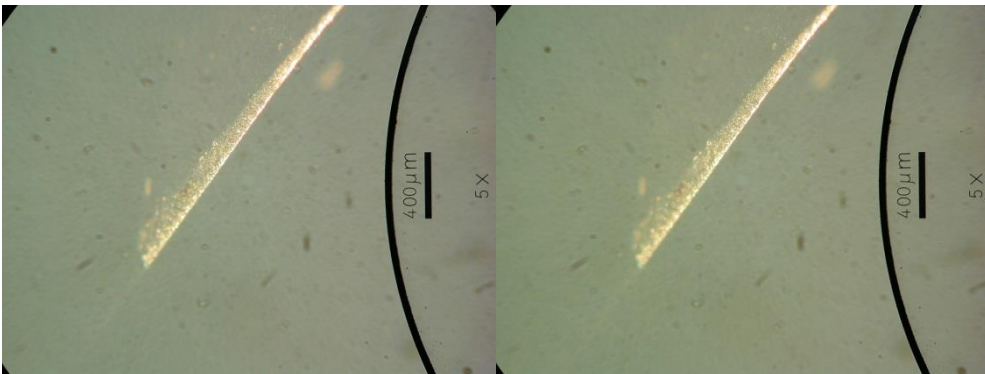
---



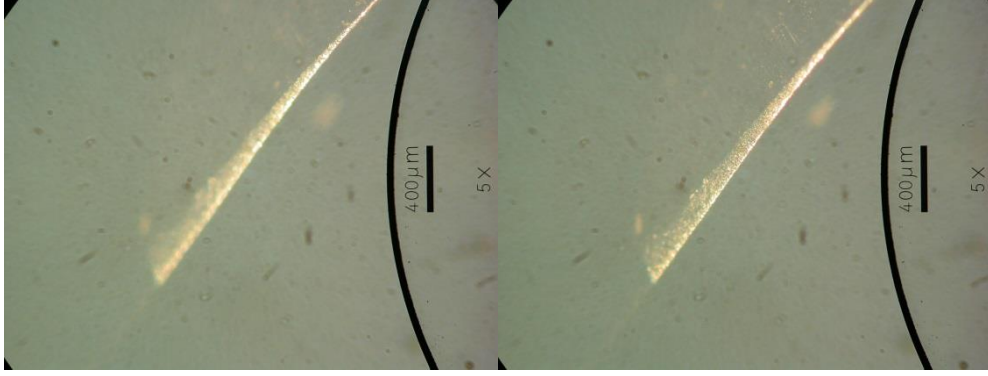
Şekil 4.76. 80. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması



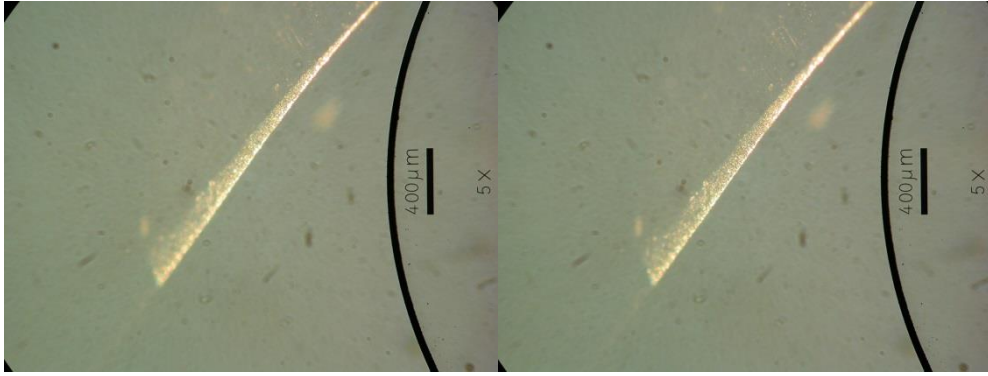
Şekil 4.77. 90. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması



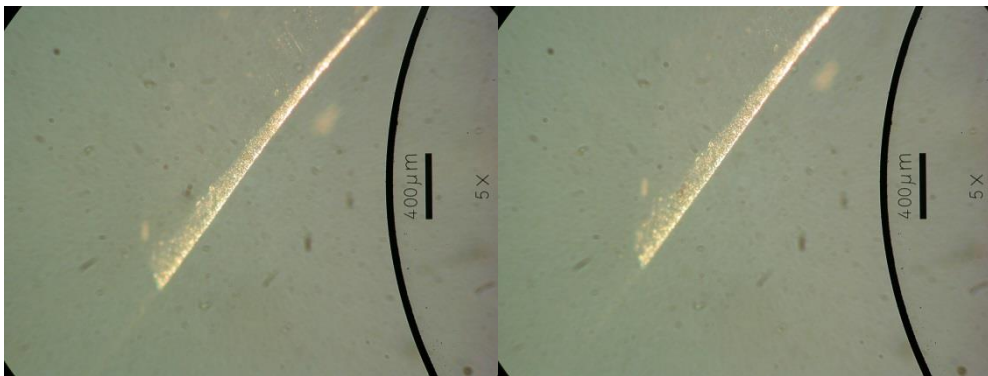
Şekil 4.78. 100. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması



Şekil 4.79. 110. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması



Şekil 4.80. 120. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması

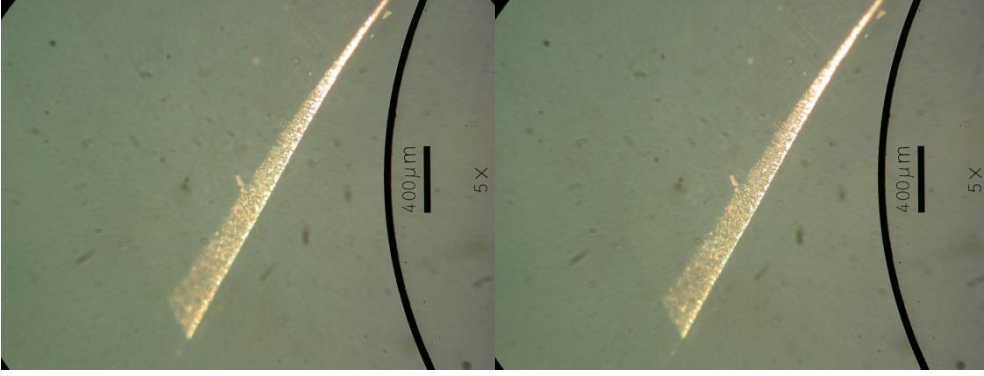


Şekil 4.81. 130. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması

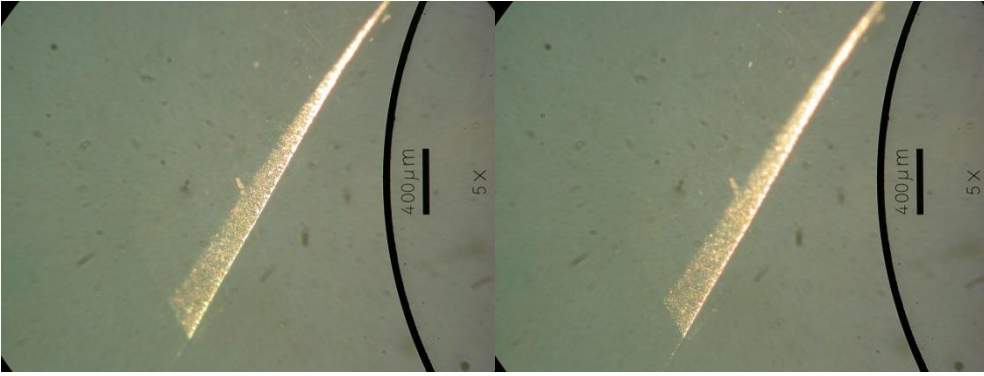


#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

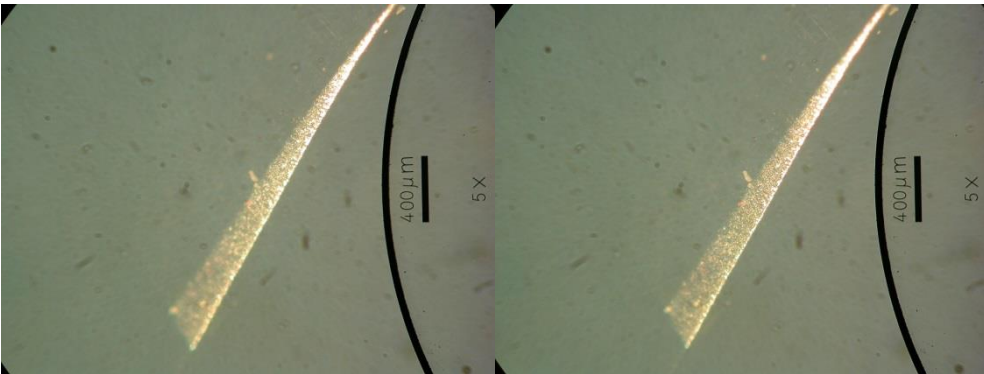
---



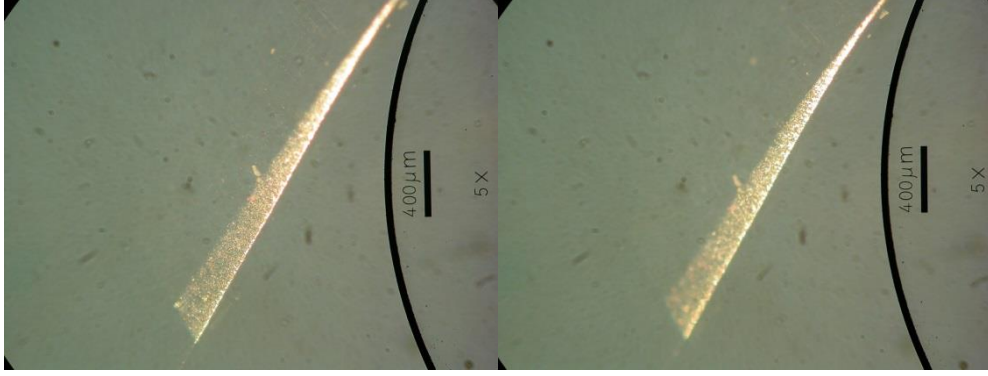
Şekil 4.82. 140. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması



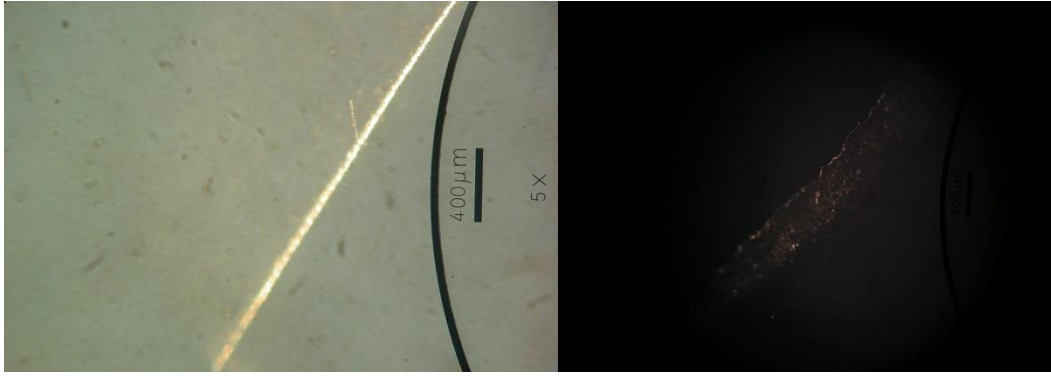
Şekil 4.83. 150. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması



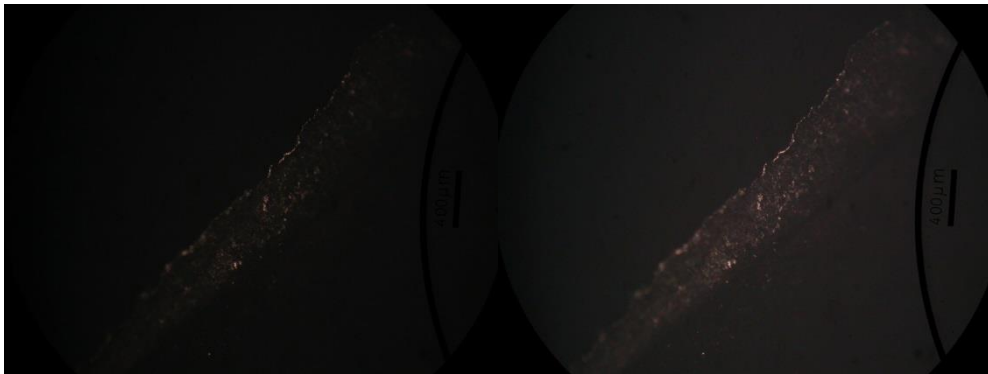
Şekil 4.84. 160. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması



Şekil 4.85. 170. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması



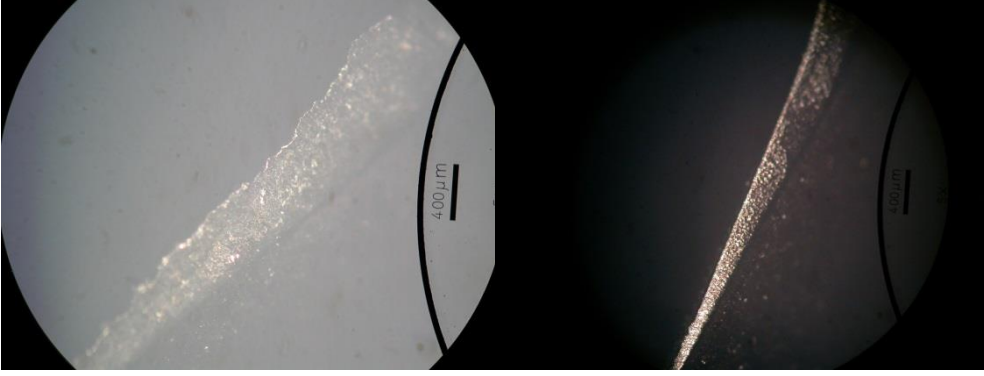
Şekil 4.86. 180. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması



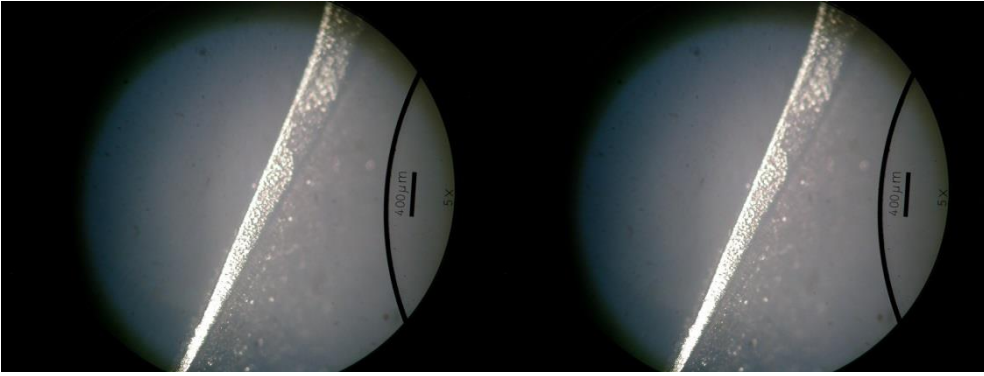
Şekil 4.87. 190. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

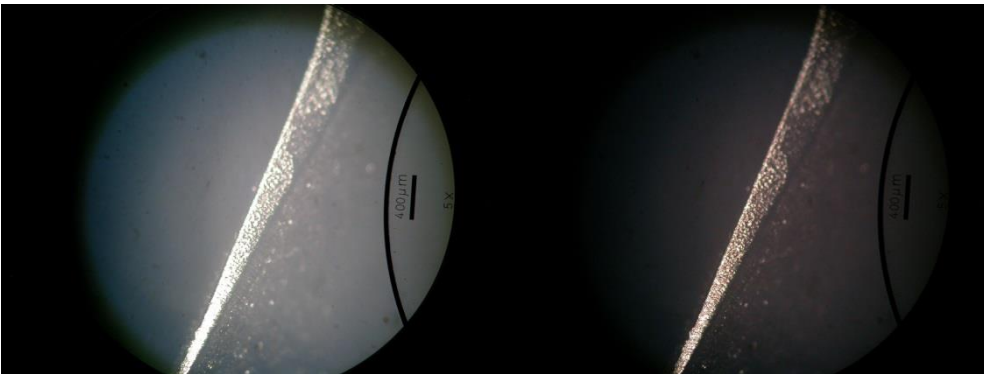
---



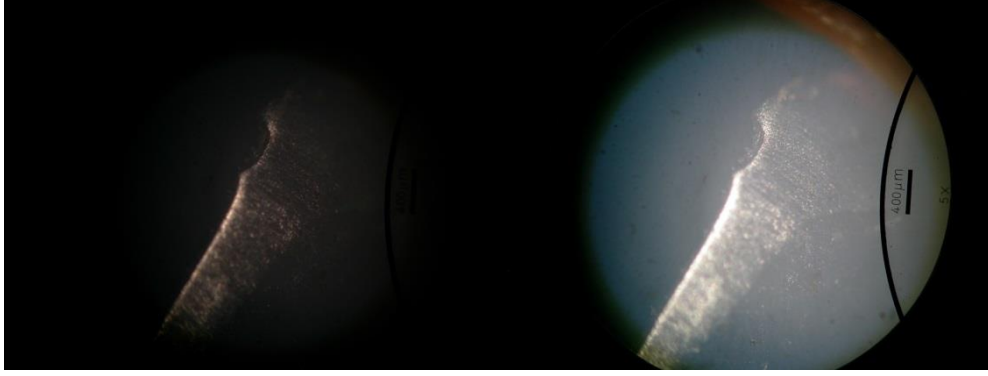
Şekil 4.88. 200. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması



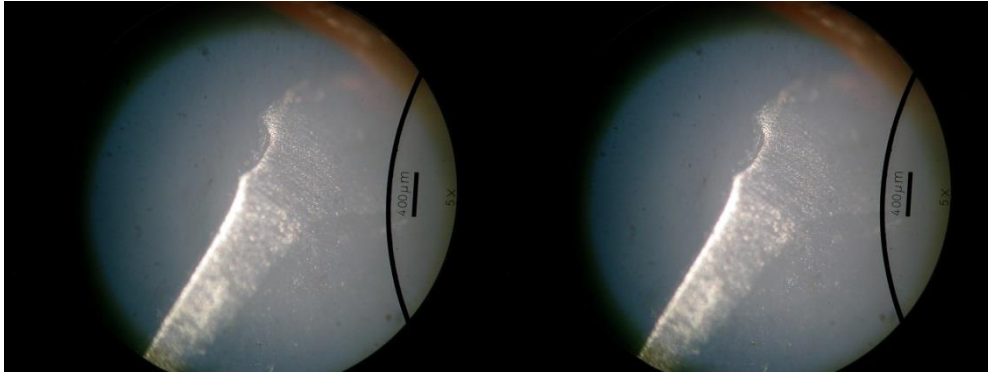
Şekil 4.89. 210. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması



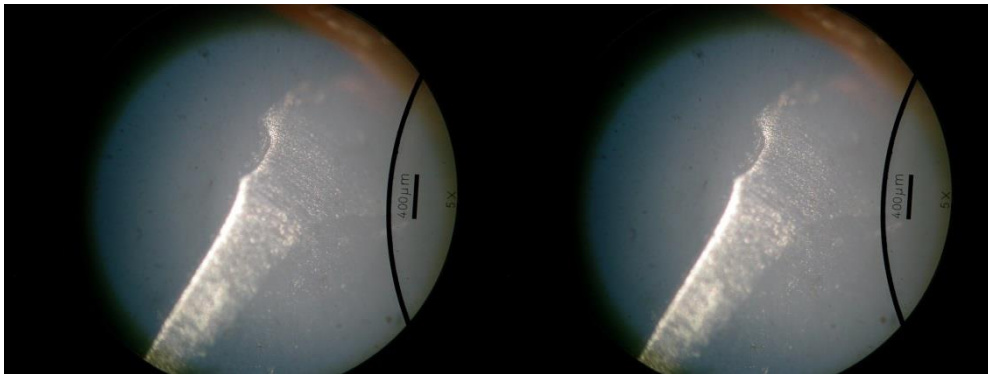
Şekil 4.90. 220. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması



Şekil 4.91. 230. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması



Şekil 4.92. 240. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması

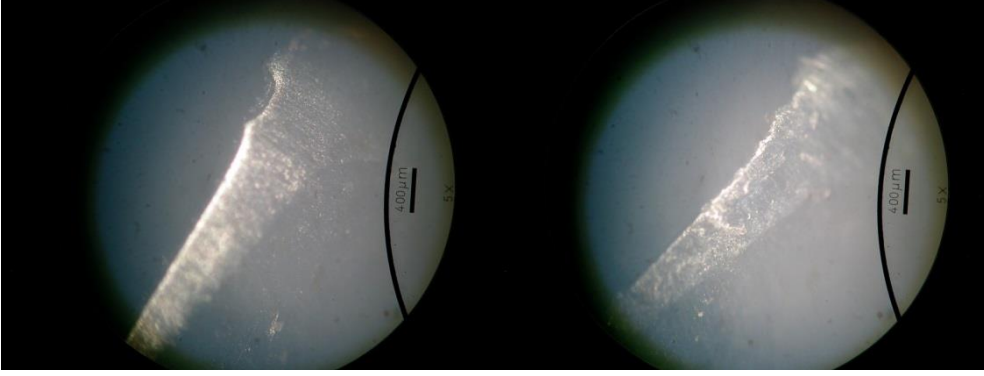


Şekil 4.93. 250. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması

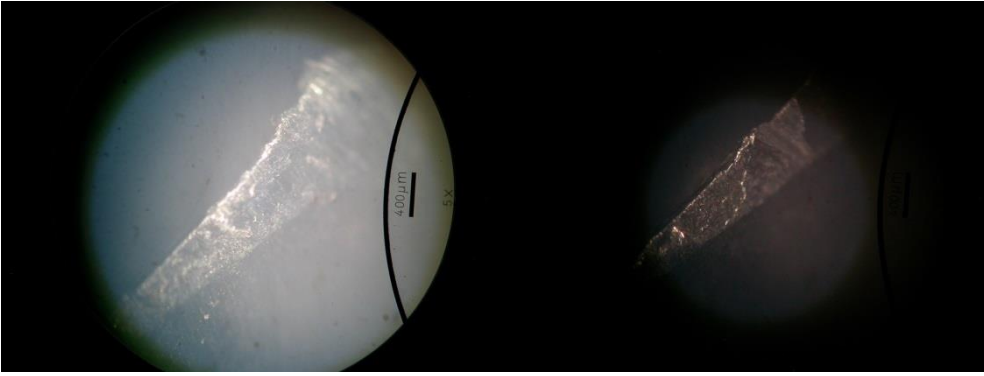


#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

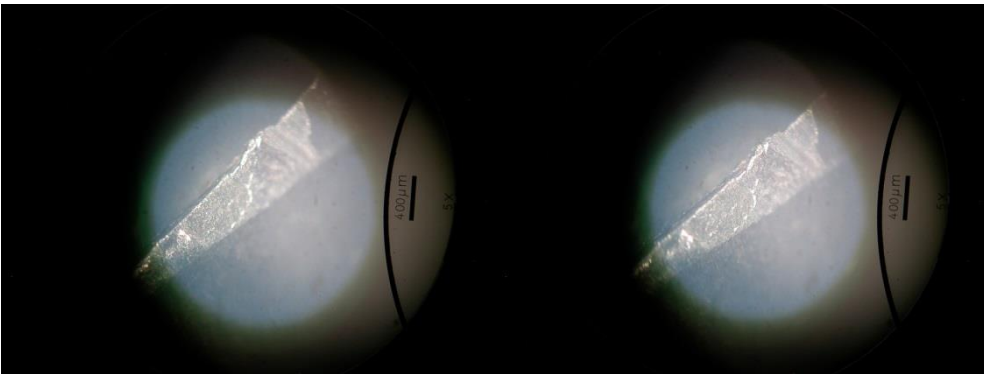
---



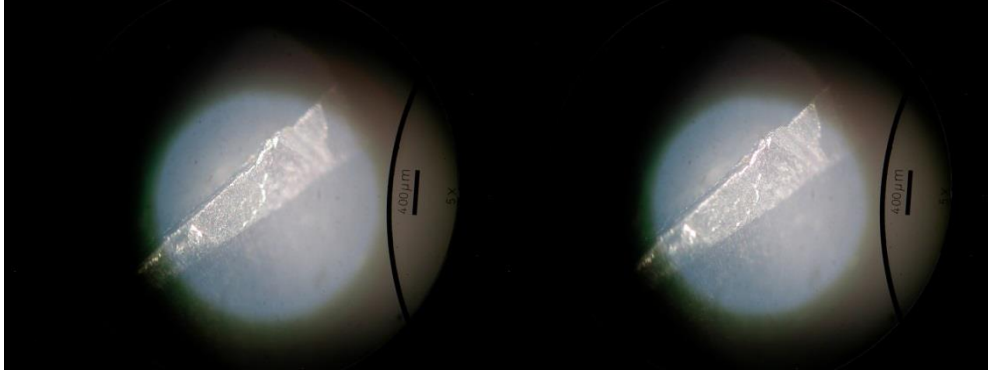
Şekil 4.94. 260. lim Sonucu Meydana Gelen Takım AŞınması



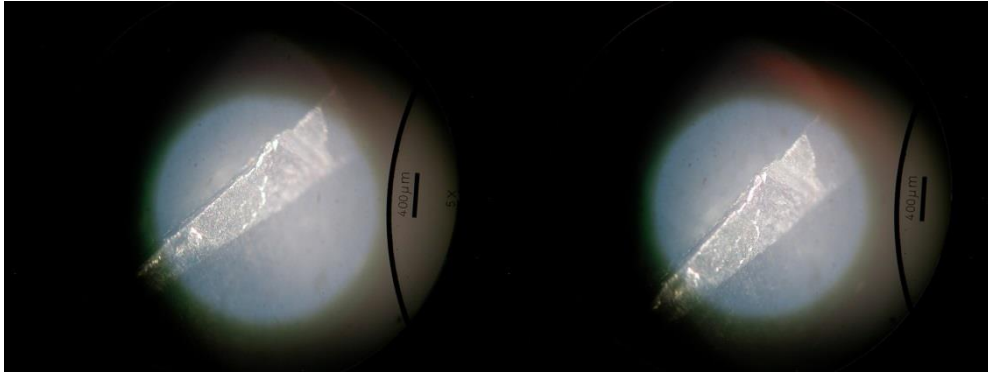
Şekil 4.95. 270. lim Sonucu Meydana Gelen Takım AŞınması



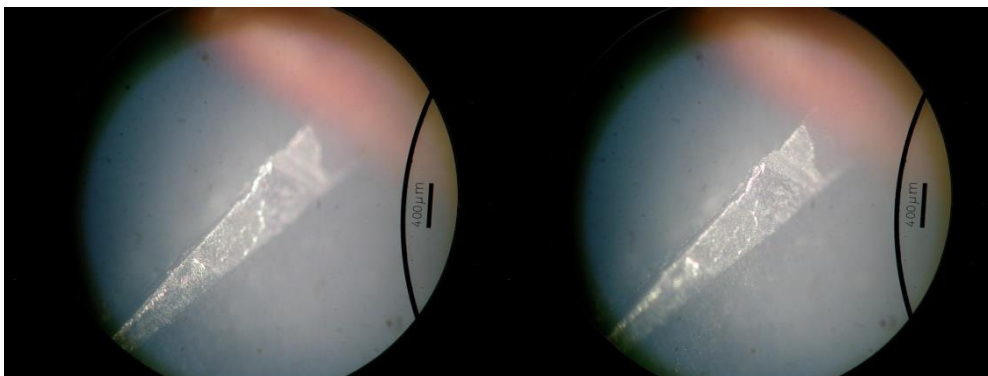
Şekil 4.96. 280. lim Sonucu Meydana Gelen Takım AŞınması



Şekil 4.97. 290. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması



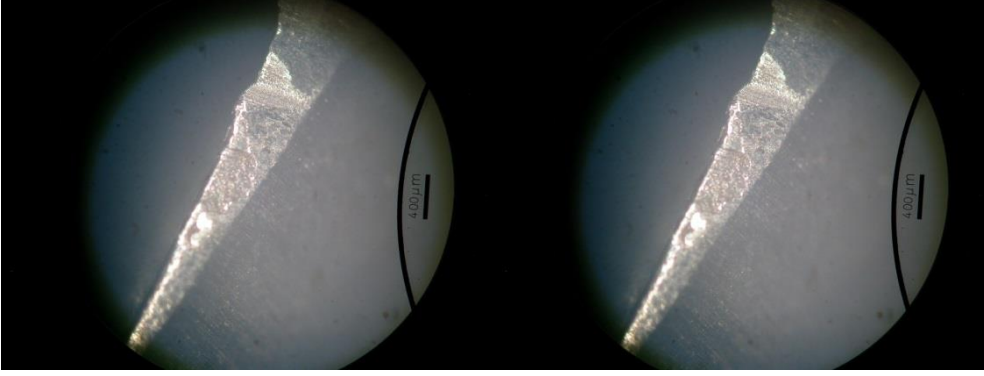
Şekil 4.98. 300. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması



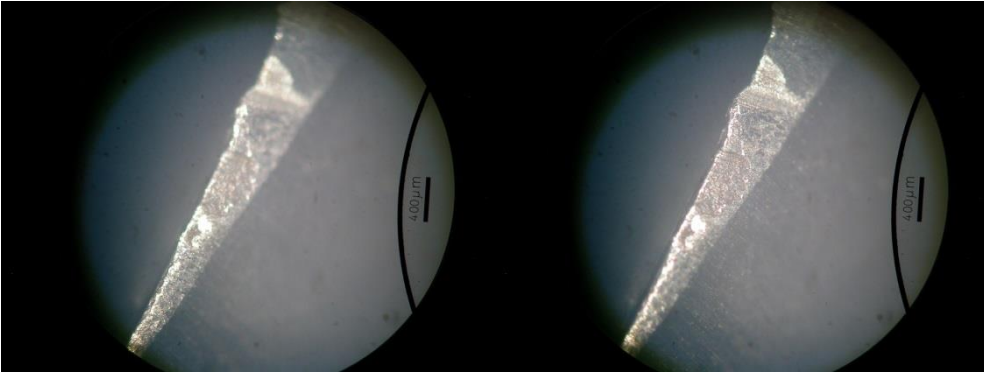
Şekil 4.99. 310. Ölçüm Sonucu Meydana Gelen Takım Aşınması

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

---

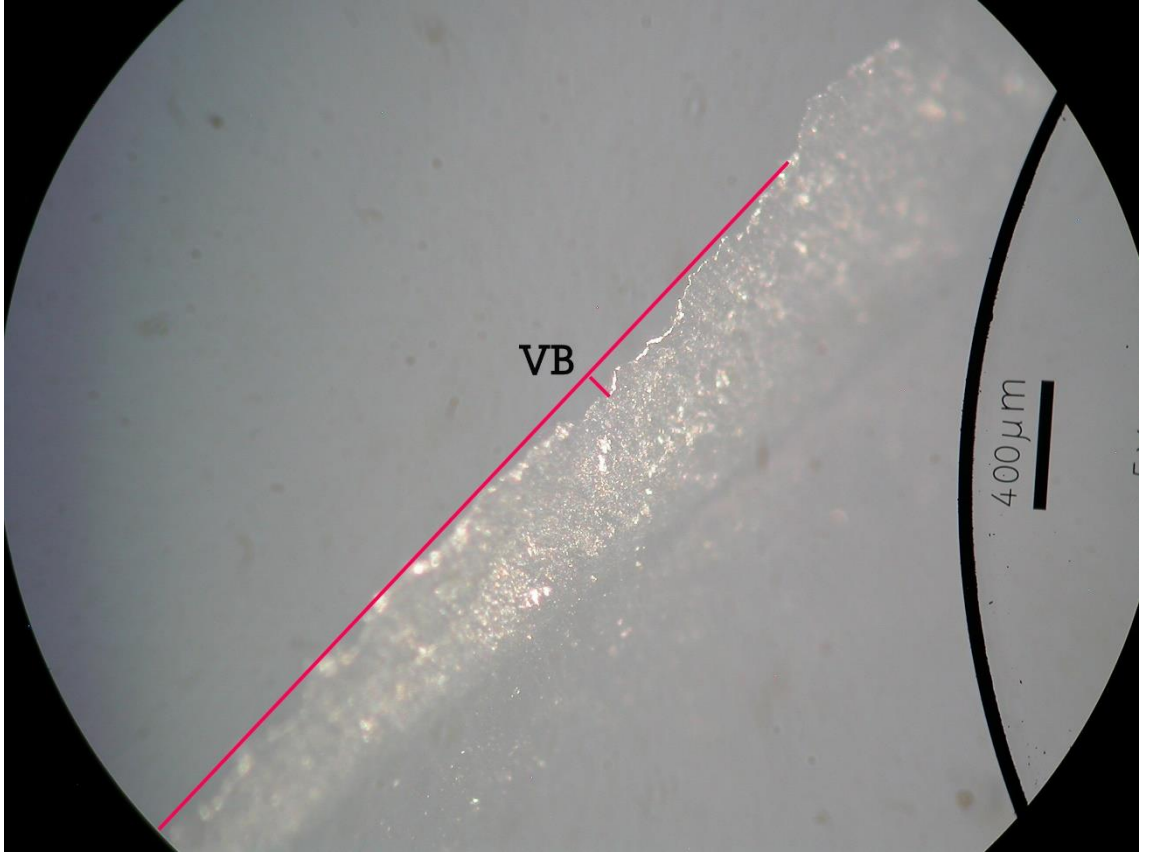


Şekil 4.100. 320. Ölüm Sonucu Meydana Gelen Takım AŞınması



Şekil 4.101. 330. Ölüm Sonucu Meydana Gelen Takım AŞınması

Her delme işlemi sonrasında takım aşınmasını değerlendirmek amacıyla mevcut 5x büyütme Nikon Epiphot 200 optik mikroskop kullanılmıştır (Şekil 4.102).



**Şekil 4.102.** Takım Aşınması Miktarının Belirlenmesi

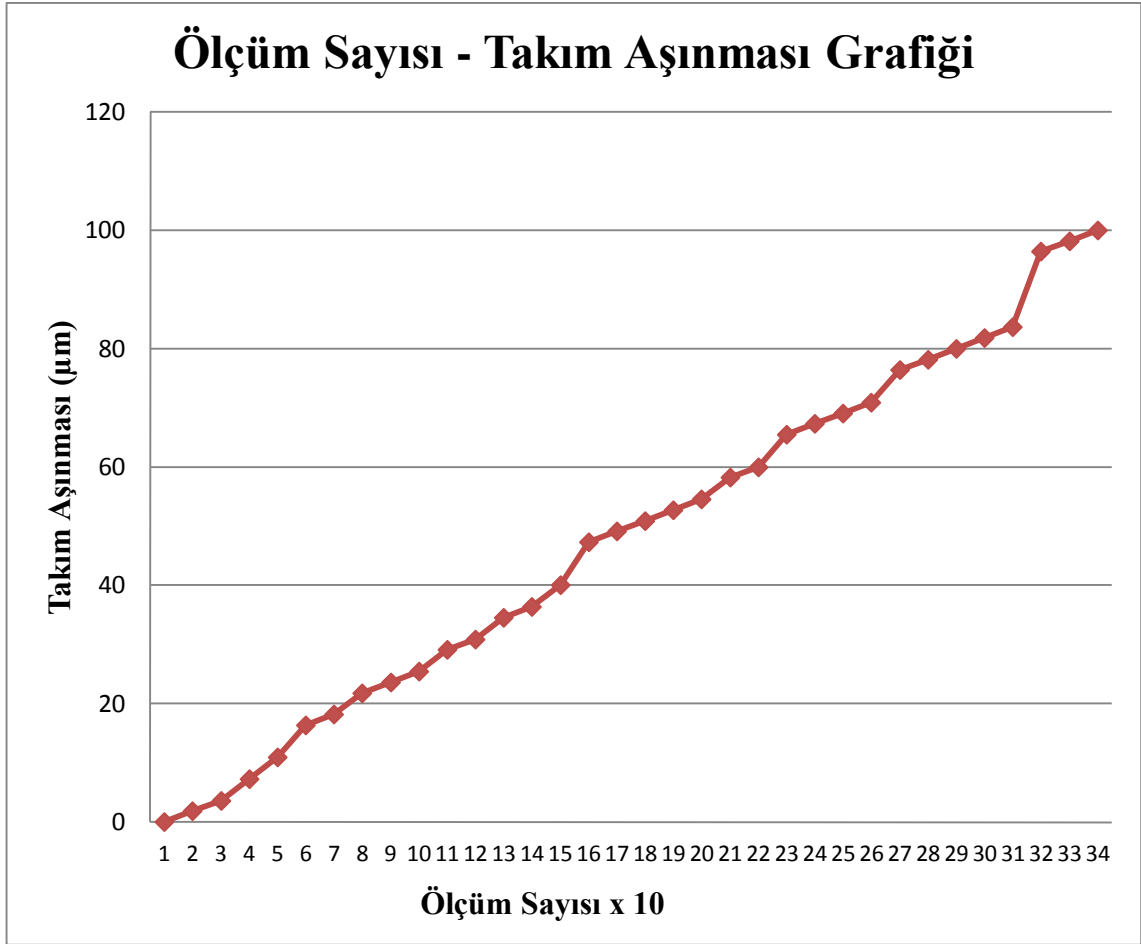
Şekil 4.102'deki gibi takım aşınması belirlenirken kesici takım ucunun kesici ağızı doğrultusunda bir doğru çizilerek takım aşınması belirlenmiştir. Delme sayısına bağlı olarak takım aşınması Çizelge 4.3'te verilmiştir. Ayrıca Şekil 4.103'te delme sayısının takım aşınma miktarına bağlı olarak değişimi verilmiştir.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

---

<b>Ölçüm Sayısı</b>	<b>Takım Aşınması (µm)</b>
1	0
10	1,8181
20	3,6362
30	7,2724
40	10,9086
50	16,3629
60	18,1810
70	21,8172
80	23,6353
90	25,4534
100	29,0896
110	30,9077
120	34,5439
130	36,3620
140	39,9982
150	47,2706
160	49,0887
170	50,9068
180	52,7249
190	54,5430
200	58,1792
210	59,9973
220	65,4516
230	67,2697
240	69,0879
250	70,9059
260	76,3602
270	78,1783
280	79,9964
290	81,8145
300	83,6326
310	96,3593
320	98,1774
330	99,9955

**Çizelge 4.3.** Ölçüm Sayısına Göre Takım Aşınması Miktarları



Şekil 4.103. Ölçüm Sayısına Göre Takım Aşınması Grafiği

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Ölçüm Sayısı	Ortalama Genlik(m/s <sup>2</sup> )	Takım Aşınması (µm)
1	0,000044	0
10	0,000049	1,8181
20	0,000065	3,6362
30	0,000078	7,2724
40	0,000086	10,9086
50	0,000095	16,3629
60	0,000092	18,1810
70	0,000098	21,8172
80	0,00010	23,6353
90	0,00013	25,4534
100	0,00018	29,0896
110	0,00022	30,9077
120	0,00026	34,5439
130	0,00024	36,3620
140	0,00028	39,9982
150	0,00032	47,2706
160	0,00030	49,0887
170	0,00031	50,9068
180	0,00033	52,7249
190	0,00034	54,5430
200	0,00036	58,1792
210	0,00032	59,9973
220	0,00038	65,4516
230	0,00040	67,2697
240	0,00042	69,0879
250	0,00039	70,9059
260	0,00049	76,3602
270	0,00051	78,1783
280	0,00054	79,9964
290	0,00056	81,8145
300	0,00059	83,6326
310	0,00089	96,3593
320	0,00095	98,1774
330	0,00092	99,9955

Çizelge 4.4. Ölçüm Sayısı – Ortalama Genlik – Takım Aşınması Tablosu

Çizelge 4.3'deki değerler incelendiğinde ölçüm sayısına bağlı olarak takım aşınma miktarının arttığı gözlenmiştir. Çizelge 4.4'te delme sayısına bağlı olarak takım aşınması ve titreşim genlik değerleri topluca verilmiştir. Çizelge 4.4 ile bu değerleri karşılaştırdığımızda takım aşınması arttıkça titreşim genliğinde de bir artışın olduğu gözlenmiştir. Bu durum bazı araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir. Dan ve Mathew (1990) takım aşınması ile titreşim sinyalleri arasındaki ilişkiyi incelemek için ayrık modelleme yöntemi kullanmış ve titreşim sinyalleri ile takım aşınması arasında bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Teti ve ark. (2010) titreşim sinyallerinin takım aşınmasının izlenmesinde kullanıldığını ve kavramsal karar verme mekanizmalarında kullanılabileceğini açıklamışlardır. Alonso ve Salgado (2008) titreşim sinyallerinin takım durumuyla bağlantılı olduğunu ve frekans aralığının takım aşınmasındaki değişimle ilişkili olduğunu açıklamışlardır. Ghani ve ark. (2002) yaptıkları deneyler sonucunda takım aşınması arttıkça titreşimin de arttığını göstermişlerdir. Wardany ve ark. (1995) delme işlemi sırasında titreşimleri görüntülemenin, matkap aşınmasını ve bozulmasını tahmin etmede kullanışlı bir yöntem olduğunu ispat ettiklerini söylemişlerdir.



#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

---

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Gelişen teknolojiyle birlikte takım aşınmasının belirlenmesi ve bu aşınmanın mümkün olduğunca engellenmesi aynı zamanda takım ömrünün belirlenerek bu ömrün mümkün olduğunca uzatılması, üretim hızı, kalitesi ve maliyeti açısından oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Üretim hızının ve kalitesinin artırılması ve üretim maliyetlerinin düşürülmesi için işleme parametrelerinin optimize edilmesi gerekmektedir. Optimizasyon için takım aşınmasına etki eden faktörler birbirinden farklı yöntemlerle tespit edilmeye çalışılmaktadır. Takım aşınmasının belirlenmesi için çok çeşitli yöntemler kullanılmakta ve bu yöntemler gün geçtikçe gelişmektedir.

Bu çalışmada talaşlı imalat yöntemlerinden biri olan delme işlemi esnasında oluşan takım aşınmasının titreşim genliği ile arasındaki ilişki incelenmiştir. İlk olarak delme işlemi sırasında oluşan titreşim genlik değerleri ölçülmüştür. Daha sonra delme işlemi sonrasında kesici takım ucunun mikroskop görüntüleri alınmıştır. Bu işlem her 5 delme işleminden sonra tekrarlanmıştır. Genlik değeri ve aşınma miktarı tablolarında verilerin daha net okunabilmesi için her 10 delme işleminin verileri kullanılmıştır.

Cam elyaf takviyeli kompozitin delinmesinde takım aşınmasının titreşim sinyalleri kullanılarak belirlenmesinin araştırılmasında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- ❖ Delik sayısı arttıkça takım aşınmasına bağlı olarak ortalama titreşim genliği artmıştır.
- ❖ 100. deneyden sonraki genlik değerlerinin artış oranının 100. deneyden önceki genlik değerleri artış oranına göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir.
- ❖ Kesici takım hızlı bir şekilde aşındığı için 310. deneyden sonra genlik değerlerinde ve takım aşınmasında hızlı bir artış olmuştur.
- ❖ 50.,150.,220.,260,310. deneylerde takım aşınması artış miktarının bu değerler arasındaki takım aşınması artış miktarlarından daha fazla olduğu belirlenmiştir.

### 5.1 Öneriler

Delik delme işleminde titreşim – takım aşınması ilişkisini tespit edebilmek için yapılan bu çalışma sonucunda aşağıdaki öneriler geliştirilebilir.

- ❖ İşlem sırasında titreşim sönümlenme elemanları kullanılarak takım aşınma miktarlarının düşürülmesi sağlanabilir.
- ❖ Kesici takım geometrisinin titreşim üzerindeki etkileri incelenerek kesici takım ucu geometrisinde geliştirmeler yapılabilir.
- ❖ Farklı sinyal işleme yöntemleriyle, titreşimlerin sinyallerinin ayırt edici karakteristik özellikleri araştırılabilir.
- ❖ Yapay sinir ağları, bulanık mantık ve genetik algoritma gibi yöntemler kullanılarak takım aşınması kestirimi yapılabilir.
- ❖ Titreşim verileri bir Takım Durumu İzleme Sistemi (TCMS) geliştirilmesi için sistemin giriş verileri olarak kullanılabilir ve online bir sistem geliştirmek için inceleme yapılabilir.

## 6. KAYNAKLAR

Abu-Mahfouz, I., 2003. Drilling Wear Detection and Classification Using Vibration Signals and Artificial Neural Network, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, cilt 43, S, 707-720

Akkurt, M., 1992. Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları, Eren Ofset, Birsen Yayın Evi, İstanbul

Aliustaoglu, C., H., Ertunc, H.M., Ocak, 2009. Tool Wear Condition Monitoring Using a Sensor Fusion Model Based on Fuzzy Inference System, *Mechanical Systems and Signal Processing*, cilt 23, S, 539-546

Alonso, F.J., Salgado D.R., 2008. Analysis of The Structure of Vibration Signals for Tool Wear Detection, *Mechanical Systems and Signal Processing*, cilt 22, S, 735-748

Armarego, E.J.A. and Brown, R.H., 1969. *The Machining of Metals*, PEARSON Prentice Hall Inc., New Jersey, USA

Arsecularatne, J.A., Fowle, R.F., Mathew, P., Oxley, P.B.L., 1996. Prediction of Tool Life in Oblique Machining with Nose Radius Tools, *Wear*, cilt 198, S, 220-228

Avner, S.H., 1974. *Introduction to Physical Metallurgy*, Book Comp., New York, USA

Avuncan, G., 1998. Talaş Kaldırma Ekonomisi ve Kesici Takımlar, *Makine Takım Endüstrisi A.Ş.*, İstanbul

Berger, B., Minis, I., Harley, J., Rokni, M., Papadopoulos, M., 1998. Wavelet Based Cutting State Identification, *Journal of Sound and Vibration*, cilt 213, S, 813-827

Bhattacharyya, P., Sengupta, D., Mukhopadhyay, S., 2007. Cutting Force-Based Real-Time Estimation of Tool Wear in Face Milling Using a Combination of Signal Processing Techniques, *Mechanical System and Signal Processing*, cilt 21, S, 2665-2683

Byrne, G., Dornfeld, D., Inasaki, I., Ketteler, G., König, W., Teti, R., 1995. Tool Condition Monitoring (TCM) The Status of Resesarch and Industrial Application, *Annals of CIRP*, cilt 44, S, 541-567

Choi, Y.J., Park, M.S., Chu, C.N., 2008. Prediction of Drill Failure Using Features Extraction in Time and Frequency Domains of Feed Motor Current, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, cilt 48, S, 29-39

## 6. KAYNAKLAR

---

Choudhury, S.K. and Raju, G., 2000. Investigation Into Crater Wear in Drilling, International Journal Machine Tools and Manufacture, cilt 40, S, 887-898

Choudhury, S.K., Jain, V.K., Rama, R., 1999. Online Monitoring of Tool Wear in Turning Using a Neural Network, International Journal of Machine Tools and Manufacture, cilt 39, S, 489-504

Culp, N.J., Huffman, D.D. and Henry, R.J., 1997. Tools Materials, Metals Handbook, Desk Edition, ASM, Ohio, 18-118, 14-27

Cuppini, D. D'eerico, G. and Rutelli, G., 1990. Tool Wear Monitoring Based on Cutting Power Measurement, Wear, cilt 139, S, 303-311

Çakır, M.C., 2000. Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri, VİPAŞ A.Ş., Bursa

Dan, L., Mathew, J., 1990. Tool Wear and Failure Monitoring Techniques for Turning – a Review, International Journal of Machine Tools and Manufacture, cilt 30, S, 579-598

Danai, K. and Ulsoy, A.G., 1988. Dynamic Modeling of Cutting Forces in Turning, Milling and Drilling, From Experimental Data, Control Methods for Manufacturing Processes, cilt 9, S, 27-34

Dawis, J.R., 1995. Tool Materials, ASM Specialty Handbook, Ohio, 32-76, 85-99

Dimla, E., Dimla, S., 2000. Sensor Signals for Tool Wear Monitoring in Metal Cutting Operations – a Review of Methods, International Journal of Machine Tools and Manufacture, cilt 40, S, 1073-1098

Dimla Snr, D.E., 1998. Multivariate Tool Condition Monitoring in a Metal Cutting Operation Using Neural Networks, Doktora Tezi, School of Engineering and The Built Environment, The University of Wolverhampton, UK

Dolinsek, S., Kopac, J., 1999. Acoustic Emission Signals for Tool Wear Identification, Wear, cilt 225-229, S, 295-303

Dornfeld, A.D. and DeVeries, M.F., 1992. Drill Wear and Fracture Monitoring in Drilling Using Acoustic Emission, CIRP STC, 'C' Meeting, Paris

Edwards, L. and Endean, M., 1990. Manufacturing With Materials, Material in Action Series, S, 250-261

Edwards, R., 1993. Cutting Materials, Cutting Tools, The Institute of Materials, 3-26

Ertunç, H. M., 19993 Techniques for Tool Wear Condition Monitoring in Drilling Operations, Phd Thesis, Case Western Reserve University, USA

Ertunç, H .M., ve Sevim, İ., 2001. Kesici Takımların Aşınmasını Gözleme Üzerine Yapılan Çalışmalar, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, cilt 7-1, S, 55-62

Furness, R.J., Wu, C.L. and Ulsoy, A.G., 1992. Statistical Analysis of The Effects of Feed, Speed, and Wear on Hole Quality in Drilling, Sensors and Signal Processing for Manufacturing, cilt 55, 97-112

Gasca, L.A.F., Ruiz, G.H., Vera, R.P., Troncoso, R.J.R. and Tafolla W.L., 2006. International Journal of Machine Tools & Manufacture, Sensorless Tool Failure Monitoring System For Drilling Machines, S, cilt 46, 381-386

Ghani, A.K., Choudhury, I.A., Husni, 2002. Study of Tool Life, Surface Roughness and Vibration in Machining Nodular Cast Iron with Ceramic Tool, Journal of Materials Processing Technology, cilt 127, S, 17-22

Goetsch, L.D., 1991. Modern Manufacturing Processes, Delmar Publishers Inc., USA

Govekar, E., Gradisek, J., Grabe, I., 2000. Analysis of Acoustic Emission Signals and Monitoring of Machining Process, Ultrasonic, cilt 38, S, 598-603

Griffin, J.M., Chen, X., 2009. Multiple Classification of the Acoustic Emission Signals Extracted During Burn and Chatter Anomalies Using Genetic Programming, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, cilt 45, S, 1152-1168

Halamoğlu, T., 1998. Metal Puskürtme Yöntemiyle Aşınmaya Dayanıklı Kaplamalar, Yüzey İşlemleri Dergisi, cilt 3, S, 154-163

Hayashi, S.R., Thomas, C.E., Wildes, D.G., 1988. Tool Break Detection by Monitoring Ultrasonic Vibrations, Annals of the CIRP, cilt 37, S, 61-64

Hsieh W.H., Lu, M.C., Chiou S.J., 2012. Application of Backpropogation Neural Network for Spindle Vibration-Based Tool Wear Monitoring in Micro-Milling, International Journal of Advanced Manufacturing Technologies, cilt 61, S, 53-61

Hummel, P.M. and Lang, G.L., 1997. Measurement of Temperature on Diamond-Coated Tools During Machining Process, Diamond Films and Technology, cilt 7, S, 219-232

Inna, D.J., 2007. Engineering Vibrations, PEARSON Prentice Hall, New Jersey, USA

Isermann, R., Ayoubi, M., Konrad, H. and Reib, T., 1993. Model Based Detection of Tool Wear and Breakage for Machine Tools, Proc IEEE, Int. Conf. Syst. Man Cybern, cilt 3, S, 72-77

## 6. KAYNAKLAR

---

Iwata, K. and Moriwaki, T., 1977. An Application of Acoustic Emission to in-Process Sensing of Tool Wear, Ann. CIRP, cilt 26, S, 21-26

Jantunen, E., 2002. A summary of Methods Applied to Tool Condition Monitoring in Drilling, International Journal of Machine Tools and Manufacture, cilt 42, S, 997-1010

Jemielnak, K. and Otman, O., 1998. Tool Failure Detection Based on Analysis of Acoustic Emission Signals, urnal of Materials Processing Technology, cilt 76, S, 192-197

Jemielnak, K., 1992. Detection of Cutting Edge Breakage in Turning, Annals of the CIRP, cilt 41, S, 97-100

Jun, C.H., Suh, S.H., 1999. Statistical Tool Breakage Detection Schemes Based On Vibration Signals in NC Milling, International Journal of Machine Tools & Manufacture, cilt 39, S, 1733-1746

Kawaji, S. and Sasaoka, T., 1995. Control of Cutting Torque in the Drilling Process Using Disturbance Observer, American Control Conference, Seattle, Washington, 723-728

Kaynak, Y., 2006. Matkap İle Delik Delme Esnasında Kesme Parametrelerinin Kesme Kuvveti ve Sıcaklığın Değişimine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Kim, D. and Ramulu, M., 2004. Drilling Process Optimization for Graphite/Bismaleimide-Titanium Alloy Stack, Composite Structures, cilt 63, S, 101-114

Krar, F.S., Rapisarda, M. and Check, F.A., 1998. Machine Tool and Manufacturing Technology, Delmar Publishers, USA

Kuljanic, E., Sortino, M., Totis, G., 2008. Multisensor Approaches for Chatter Detection in Milling, Journal of Sound and Vibration, cilt 312, S, 672-693

Kurada, S. and Bradley, C., 1997. A Review of Machine Vision Sensors for Tool Condition Monitoring, Computers in Industry, cilt 34, S, 55-72

Kwak, J.S., Song, J.B., 2001. Trouble Diagnosis of the Grinding Process by Using AE Signals, International Journal of Machine Tools and Manufacture, cilt 41, S, 899-913

Lee J.M., Choi, D.K., Chu, C.N., 1994. Real Time Tool Breakage Monitoring for NC Turning and Drilling, Annals of the CIRP, cilt 43, S, 81-84

Lee, D.K., Choi, C.N. and Chu, J.M., 1994. Real-Time Tool Breakage Monitoring for a Machining Centre Based on Cutting Force Parameters, Int. J. Machine Tools and Manufacturing, cilt 31, S, 855-867

Li, P.G., Wu, S.M., 1988. Monitoring Drill Wear States by a Fuzzy Pattern Recognition Technique, *Journal of Engineering for Industry*, cilt 110, 297-300

Lim, G.H., 1995. Tool Wear Monitoring in Machine Turning, *Journal of Materials Processing Technology*, cilt 51, S, 25-36

Lin, S.C., Ting, C.J., 1996. Drill Wear Monitoring Using Neural Network, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, cilt 36, S, 465-475

Lin, S.C. and Ting, C.J., 1995. Tool Wear Monitoring in Drilling Using Force Signals, *International of Journal Machine Tools and Manufacture*, cilt 36, S, 465-475

Lin, S.C., Lin, R.C., 1996. Tool Wear Monitoring in Face Milling Using Force Signals, *Wear*, cilt 198, S, 136-142

Lister, P.M., 1993. Online Measurement of Tool Wear, Doktora Tezi, Department of Mechanical Engineering, UMIST, Manchester, UK

Liu, T.I. and Wu, S.M., 1990. On-line Detection of Tool Wear, *Journal of Engineering in Industry*, cilt 112, S, 299-302

Liu, T.I. and Chen, W.Y., 1998. Intelligent Detection of Drill Wear, *Mechanical Systems and Signal Processing*, cilt 12, S, 863-873

Liu, T.I. and Anantharaman, K.S., 1994. Intelligent Classification and Measurement of Drill Wear, *ASME Journal of Engineering for Industry*, cilt 116, S, 392-397

Mauri, R. and Matti, S., 1995. Tool Wear and Failure in The Drilling of Stainless Steel, *Journal of Materials Processing Technology*, cilt 52, S, 35-43

Motovalli, S. and Bahr, B., 1993. Automated Tool Monitoring System Using Vision System for a Robotic Cell, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, cilt 10, S, 311-319

Özdemir, U. ve Erten, M., 2003. Talaşlı İmalat Sırasında Kesici Takımda Meydana Gelen Hasar Mekanizmaları ve Takım Hasarlarını Azaltma Yöntemleri, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, cilt 1, S, 37-50

Pan, H., Chen, Y. and Orady, E., 1996. Monitoring Methods of Tool Wear in a Drilling Process, *2nd Industrial Engineering Research Conference Proceedings*, 380-383

Panda, S.S., Singh, A.K., Chakraborty, D., Pal, S.K., 2006. Drill Wear Monitoring Using Back Propagation Neural Network, *Journal of Materials Processing Technology*, cilt 172, S, 283-290



## 6. KAYNAKLAR

---

Pletting, J., 1999. Superior Tooling Builds Outstanding Workmanship, Pletting and Associates.

Principe, J.C., Yoon, T., 1991. A new Algorithm for the Detection of Tool Breakage in Milling, International Journal of Machine Tools and Manufacture, cilt 31, S, 443-454

Rotberg, J., Braun, S., Lenz, E., 1989. Vibration Generation Models for Cutting Tool Monitoring, Diagnostics, Vehicle Dynamics and Special Topics, Asme Design Engineering Division, cilt 18, S, 1-6

Rotberg, J., Braun, S., Lenz, E., 1987. Mechanical Signature Analysis in Interrupted Cutting, Annals of The CIRP, cilt 36, S, 249-252

Scheffer, C. and Heyns, P.S., 2001. Wear Monitoring in Turning Operations sing Vibration and Strain Measurements, Mechanical Systems and Signal Processing, cilt 15, S, 1185-1202

Schey, J.A., 1987. Introduction to Manufacturing Processes, Second Edition, McGraw-Hill BookComp., New York, USA

Shaw, M.C., 1984. Metal Cutting Principles, Clarendon Press, Oxford, Bölüm 3

Smith, G.T., 1989. Advanced Machining, The Handbook of Cutting Technology, Springer, Berlin

Soderberg, S. and Hogmark, S., 1986. Wear Mechanisms and Tool Life of High Speed Steels Related to Microstructure, Wear, cilt 110, S, 315-329

Stephenson, D.A., 1996. Metal Cutting Theory and Practice, Marcel Dekket Inc., New York, USA

Subramanian, K. and Cook, N.H., 1977. Sensing of Drill Wear and Prediction Life, Journal of Engineering for Industry, cilt 99, S, 295-301

Tangjitsitcharoen, S., 2009. In-process Monitoring and Detection of Chip Formation and Chatter for CNC Turning, Journal of Materials Processing Technology, cilt 209, S, 4682-4688

Tarn, J., Tomizuka, M., 1989. Online Monitorinf of Tool and Cutting Conditions in Milling, Journal of Engineering for Industry, cilt 111, S, 206-212

Teti, R., Jemielniak, K., O'Donnell G., Dornfeld, D., 2010. Advanced Monitoring of Machining Operations, CIRP Annals – Manufacturing Technology, cilt 59, S, 717-739

Toh Ck., 2004. Vibrations Analysis in High Speed Rough and Finish Milling Hardened Steel, cilt 278(1-2), S, 101-115

Trent, E.M., 1977. Metal Cutting, London, UK

Wardany, T.I.E., Gao, D. and Elbestawi, M.A., 1996. Tool Condition Monitoring in Drilling Using Vibration Signature Analysis, International Journal Machine Tools and Manufacture, cilt 36, 687-711

Wright, P.K., 1983. Physical Models of Tool Wear for Adaptive Control in Flexible Machining Cells, Computer Integrated Manufacturing, cilt 8, S, 19-31

Xiaoli, L. and Tso, S.K., 1999. Drill Wear Monitoring Based On Current Signals, Wear, cilt 231, S, 172-178

Xiaoli, L., 2002. A Brief Review: Acoustic Emission Method for Tool Wear Monitoring During Turning, International Journal of Machine Tools and Manufacture, cilt 42, S, 157-165

Xiaoli, L., 1999. On-line Detection of The Breakage of Small Diameter Drills Using Current Signature Wavelet Transform, International Journal of Machine Tools & Manufacture, cilt 39, S, 157-164

Yang, X., Kumehara, H., Zhang, W., 2009. Back Propagation Wavelet Neural Network Based Prediction of Drill Wear from Thrust Force and Cutting Torque Signals, Computer and Information Science, cilt 2, S, 75-86

Yao, Y., Fang, X.D., Arndt, G., 1991. Online Estimation of Groove Wear in The Minor Cutting Edge for Finish Machining, Annals of The CIRP, cilt 40, S, 41-44

Yoon, M., Chin, D., 2005. Cutting Force Monitoring in The Endmilling Operation for Chatter Detection, Journal of Engineering Manufacture, cilt 219, S, 455-645

## 6. KAYNAKLAR

---

## ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı: Emre ARI

Doğum Yeri: Batman

Doğum Tarihi: 28.01.1988

Medeni Hali: Bekar

Yabancı Dili: İngilizce

### **Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)**

Lise: Batman Anadolu Lisesi / 2005

Lisans: Erciyes Üniversitesi, Makine Mühendisliği /2011

### **Çalıştığı Kurumlar, Pozisyon ve Süre:**

Dicle Üniversitesi:

Makine Mühendisliği Bölümü Makine Dinamiği ve Teorisi Anabilim Dalında  
Araştırma Görevlisi

(2011-Halen), Diyarbakır